

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный педагогический университет»
Географо-биологический факультет
Кафедра географии и методики географического образования

ОСНОВЫ МИНЕРАЛОГИИ, КРИСТАЛЛОГРАФИИ И ПЕТРОГРАФИИ

Учебное пособие для студентов, обучающихся
по направлению Педагогическое образование,
профиль «География», «Экология»

Екатеринбург 2014

УДК 548/549:552 (075.8)

ББК Д33я7

О-75

Основы минералогии, кристаллографии и петрографии: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению Педагогическое образование, профиль «География», «Экология» /Автор-сост.: О.В. Янцер. – Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2014. – 104 с.

Учебное пособие содержит информацию о строении кристаллической решетки минералов, свойствах кристаллических веществ, отличиях их от аморфных, элементах ограничения и симметрии кристаллов, кристаллографических сингониях, простых и комбинационных формах кристаллов. Приводятся диагностические свойства минералов и горных пород, методы их определения и исследования, классификация, характеристика типов и классов минералов, а также прилагается определитель минералов, в котором охарактеризованы наиболее распространенные минералы земной коры, и таблицы, содержащие сведения об их генезисе и применении. Во второй части пособия приведены теоретические положения о генезисе и составе горных пород, а также представлен определитель горных пород.

Пособие предназначено для студентов географо-биологического факультета и людей, интересующихся вопросами минералогии и кристаллографии.

Рецензенты:

Капустин В.Г. , к.г.н., профессор, профессор кафедры географии и МГО УрГПУ

Ялышева А.И., научный сотрудник Института геологии и геохимии УрО РАН

© УрГПУ, 2014
© Янцер О.В. 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ	6
1.1. Причины кристаллизации минералов	6
1.2. Строение и свойства кристаллических веществ	6
1.3. Сингонии	11
1.4. Понятия о полиморфизме и изоморфизме	12
1.5. Морфология минералов	14
1.6. Срастания минералов (агрегаты)	18
ГЛАВА 2. Диагностические свойства минералов и методы их определения	23
2.1. Основные диагностические свойства минералов	23
2.2. Особые свойства минералов	26
ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИИ МИНЕРАЛОВ	28
3.1. Виды классификаций минералов	28
3.2. Краткая характеристика минералов	39
ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ	61
4.1. Методические рекомендации по использованию таблицы для определения минералов	61
ГЛАВА 5. ПЕТРОГРАФИЯ	72
5.1. Предмет и методы петрографии	72
5.2. Минеральный состав и строение горных пород	72
5.3. Магматические породы	73
5.4. Интрузивные массивы	76
5.5. Определение магматических горных пород	82
5.6. Осадочные горные породы	87
5.7. Определение осадочных пород	89
5.8. Метаморфические горные породы	95
5.9. Состав, структуры и текстуры метаморфических пород	97
5.10. Определение метаморфических пород	98
ЛИТЕРАТУРА	103

ВВЕДЕНИЕ

Минералогия – наука, изучающая морфологию, особенности структуры и состава, а также особенности, процессы образования (генезис) и изменения минералов, закономерности распространения в земной коре, способы их определения, классификацию, а также использование в практических целях. Это одна из самых древних геологических наук. Латинский термин «*minera*» обозначает «кусочек руды». Изучением минералов занимаются несколько наук, они представляют интерес для физики, химии, биологии (биоминералогия), космоминералогия, минералогия метеоритов и грунтов других планет и др. Тут можно дополнить и очень много разнообразного интересного материала

Понятие «минерал» менялось с развитием науки. Так, по А.Г. Бетехтину (1961), минералы – составные части горных пород и руд, отличающиеся друг от друга по химическому составу и физическим свойствам. Согласно А.А. Годовикову (1983), минерал – физически и химически индивидуализированный (обособленный) продукт природной физико-химической реакции, имеющий кристаллическое строение. В древности к минералам относили природные вещества любого агрегатного состояния, например, воду и газы. В настоящее время минералом называют только твердые природные вещества, имеющие кристаллическое строение. Основной структурной единицей классификации минералов является минеральный вид.

Минеральный вид – минералы, имеющие обычно определенный химический состав и определенную кристаллическую структуру. Например, корунд Al_2O_3 . Обычно несколько минеральных видов объединяются в минеральную группу.

Минеральная группа – совокупность минеральных видов со сходной кристаллической структурой и некоторыми особенностями химического состава. Например, группа граната объединяет в себя шесть минеральных видов: пироп, альмандин, спессартин, уваровит,grossуляр, андрадит. В группу калиевых полевых шпатов входят санидин, ортоклаз, микроклин. Полиморфные модификации одного химического вещества также образуют минеральную группу: группа углерода (графит, алмаз, лонсдейлит)

Минералы одного минерального вида могут отличаться друг от друга некоторыми физическими свойствами или другими особенностями. В этом случае выделяют минеральные разновидности.

Минеральные разновидности – минералы, которые входят в один минеральный вид и лишь несколько отличаются друг от друга физическими свойствами (цвет, прозрачность, наличие феноменов) или отклонениями в химическом составе. Например, изумруд, аквамарин, воробьевит – разновидности минерала берилл, отличающиеся по цвету; цимофан – разновидность минерала хризоберилл, имеющая эффект «кошачьего глаза». Агрегаты скопления и срастания минеральных индивидов (кристаллов и зёрен) одного и того же или разных минералов, отделённых друг от друга поверхностями раздела. Такое срастание может происходить в один или несколько этапов, образуя разные виды агрегатов.

Минеральный агрегат — исходное понятие минералогии, определяющее следующий за минеральным индивидом уровень организации вещества. Минеральный агрегат, в отличие от минеральных индивидов, не обладает чёткими признаками симметричных фигур. Агрегаты могут распадаться на первичные (исходные) частицы при определённом внешнем воздействии (например, механическом).

Горные породы – естественные минеральные агрегаты определенного состава и строения, сформировавшиеся в результате геологических процессов. Например, граниты, габбро, базальты.

Органические вещества – вещества, образующиеся в природе в результате жизнедеятельности живых организмов. Например, жемчуг, янтарь, коралл, кость.

Типоморфные минералы - это минералы, которые образовались в определенных условиях и в определенное время и поэтому своим присутствием могут указывать на эти условия и время образования.

Аморфные, бесструктурные, с неупорядоченным строением, газообразные и жидкие природные соединения называют **минералоидами**. Исключения составляют опал (аморфный) и ртуть (жидкое вещество), которые традиционно относят к минералам.

Различные синтетические продукты, близкие по составу, структуре и свойствам к минералам, называют **искусственными минералами**.

Петрография, занимающаяся изучением минеральных агрегатов или пород, неизбежно связана с минералогией. Проведя эксперименты, были осмыслены особенности структуры и состава минералов при изменении температуры и давления при их образовании. Таким образом, была получена основа для моделирования процессов эволюции земной коры, строения и составе недр Земли.

Многие минералы обладают большой эстетической привлекательностью. Такие минералы относятся к драгоценным камням и используются в ювелирных изделиях и как уникальный коллекционный материал.

Глава 1. ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ И КРИСТАЛЛОХИМИИ

1.1. Причины кристаллизации минералов

В настоящее время ученые выделяют следующие причины кристаллизации минералов:

1. Кристаллы зарождаются и растут в условиях критического пересыщения среды веществом будущих кристаллов. В природе оно может достигаться, например, в результате испарения растворителя (воды или др.). Так, многие природные соли, например, галит, сильвин, гипс, сидерит, ангидрит и др. нередко кристаллизуются после испарения воды в соленых водоемах – озерах и морских лагунах.

2. Кристаллизация может начаться при понижении температуры (например, лед, остывание и кристаллизация магматических расплавов). Пример этого типа кристаллизации – явление раскристаллизации вулканической лавы или перекристаллизация пород. Такой процесс начинается с появлением отдельных минералов (затравок), которые являются центрами кристаллизации – твердые частички укрупняются и на их месте появляются все более и более крупные зерна минералов. Зарождение кристаллов на затравках широко распространено в природе.

3. Кристаллизация в результате химических реакций.

а) *Перекристаллизация*. Например, при просачивании горячих растворов через породы на месте одних минералов образуются другие – полевошпат превращается в чешуйчатый агрегат мусковита и кварца.

б) *Образование гидрогелей*. Также в результате химических реакций окисления, восстановления или других обменных реакций образуются твердые гидрогели – бывшие коллоиды. Однако данный процесс более сложен, поэтому привязывать его только к результату химических реакций будет неправильно. Образуются коллоиды в результате химических реакций в водных средах, приводящих к конденсированию молекул, это реакции окисления, восстановления. Эти реакции характерны для поверхностной части земной коры. Особое значение в образовании коллоидов имеют бактерии – биохимические процессы. Важно отметить, что дисперсионные частицы в коллоидах электрически заряжены, причем знак заряда одинаков для всех частиц данного коллоида, благодаря чему эти частицы отталкиваются друг от друга, они находятся во взвешенном состоянии в дисперсионной среде. *Гидрогели* образуются из коллоидов путем свертывания или, как говорят, их коагуляции, что выражается в появлении сгустков в водной среде. Процесс свертывания наступает только в том случае, когда в силу тех или иных причин дисперсные частицы теряют свой заряд, становясь электрически нейтральными. При этом они слипаются, становятся более тяжелыми и оседают под силой тяжести.

4. Особый тип зарождения кристаллов в природе – микробиологический. Например, зарождение кристаллов серы внутри клеток тионовокислых бактерий в ходе их жизнедеятельности. Эти кристаллы микроскопического размера переходят в раствор, постепенно соединяются друг с другом и перекристаллизуются.

Уже зародившиеся кристаллы в дальнейшем растут при любом пересыщении раствора отличным от нуля. Реальная морфология кристаллов отражает условия их роста, т.е. физические условия среды минералообразования.

1.2. Строение и свойства кристаллических веществ

Строя минералы, атомы соединяются друг с другом с помощью связей различного типа. Силы, которые связывают вместе атомы (ионы) в кристаллах – это электрические силы. Их тип и величина во многом определяют физические и химические свойства минералов. Принято выделять четыре основных типа химической связи в минералах.

• **Металлическая** связь характерна для элементов первых групп Периодической системы. Их атомы, как известно, имеют крупные размеры, а внешние электроны слабо связаны с ядром. В наиболее чистом виде металлическая связь наблюдается между атомами одного и того же элемента – металла. В кристаллической решетке металлов внешние электроны свободно перемещаются в пространстве между атомами. Они образуют своеобразный "электронный газ" и обуславливают основные свойства металлов: высокую пластичность, ковкость, высокую теплопроводность, высокую электропроводность, малую твердость, невысокие температуры плавления и кипения. Связь не направленная. Энергия металлической связи составляет десятки килокалорий на моль.

• **Ионная (гетерополярная)** связь реализуется между атомами различного сорта за счет электростатического взаимодействия положительно заряженных катионов и отрицательно заряженных анионов, при этом валентные электроны переходят от металла к аниону. Ионная связь осуществляется таким образом, что при взаимодействии атомов один из них перетягивает от другого электрон или несколько электронов и становится анионом, а другой атом – катионом. При отрыве электронов от нейтрального атома для превращения его в катион затрачивается энергия, называемая потенциалом ионизации (катионизации), при приобретении другим нейтральным атомом дополнительного электрона им приобретает энергия, называемая сродством к электрону (энергия анионизации). Образование ионной связи обуславливается тенденцией атомов к приобретению наиболее устойчивой оболочки с полным числом электронов во внешнем слое (с завершёнными электронными слоями). Это достигается путём отдачи «лишних» или приобретения «недостающих» электронов. При таком упрощённом объяснении в образовании ионной связи участвует лишь пара атомов. В действительности, ионная связь не имеет направленности, и при соединении ионы стремятся окружить себя максимальным числом ионов противоположного знака. При этом каждая связь как бы делится на дробные части и равномерно распределяется между всеми соседями. В частности минерал галит (NaCl) имеет структуру, в которой каждый катион натрия связан с шестью катионами хлора и наоборот. Связь ненаправленная и ненасыщенная. Энергия ионной связи тем больше, чем больше разница электроотрицательности между элементами (для NaCl - 180 ккал/моль). Кристаллы с ионным типом связи растворяются в полярных растворах (вода), для них характерны диэлектрические свойства, хрупкость, низкая тепло- и электропроводность, средние плотность и твердость, весьма высокие точки плавления и кипения.

• **Ковалентная (гомеополярная)** связь осуществляется за счет обобществления электронов на внешних валентных орбиталях двух соседних атомов, таким образом, что оба они приобретают стабильную конфигурацию благородного газа. При этом она не сопровождается образованием ионов. «Холостые электроны», спариваясь, получают возможность одновременно находиться как в поле одного, так и в поле другого атома. Ковалентная связь строго направленная, насыщаемая и очень прочная. Энергия связи составляет до 170 ккал/моль. Минералы с таким типом связи характеризуются нерастворимостью, большой устойчивостью, высокой твердостью, высокими точками плавления и кипения, полупроводниковыми свойствами.

• **Ван-дер-ваальсова** (остаточная, молекулярная) связь соединяет нейтральные молекулы или структурные единицы с помощью малых остаточных зарядов на их поверхности. В разных соединениях сила такой связи различна. Ван-дер-ваальсова связь одна из самых слабых химических связей и, присутствуя в минералах в качестве добавочной, определяет зоны хорошей спайности и низкой твердости (графит). Среди ван-дер-ваальсовых связей особое место занимает так называемая **водородная** связь, рассматриваемая часто как самостоятельный тип связи. Она возникает за счет коллективного использования протона двумя атомами, например, кислорода, входящего в состав воды, и кислорода стенок каркаса, в котором эта молекула воды находится. Водородная связь слабее ионной или ковалентной, но сильнее обычной ван-дер-ваальсовой. Энергия водородной связи колеблется от 5 до 10 ккал/моль.

Свойства минералов обусловлены их **конституцией** - совокупностью взаимосвязанных химических и структурных особенностей минерала.

В кристаллических веществах слагающие их элементарные частицы (атомы, ионы или молекулы) расположены закономерно, образуя **пространственную решетку** (рис. 1). Она представляет собой систему элементарных частиц, расположенных в вершинах многоугольников, без промежутков заполняющих пространство. В кристаллической решетке галита этот многоугольник является кубом, в вершинах которого находятся ионы Na^+ , Cl^- .

Общую теорию пространственной решетки кристаллов разработал в 1880 г. выдающийся русский кристаллограф Е.С. Федоров. Он математически доказал, что в кристаллах возможно существование 230-ти различных типов пространственных решеток. Эти теоретические расчеты были подтверждены после открытия немецким физиком М.Лауэ в 1912 г. дифракции рентгеновских лучей в кристаллах с последующей расшифровкой кристаллических структур. Одна из главнейших особенностей кристаллических структур - закономерная повторяемость в пространстве их узлов, рядов и плоских сеток.

Совокупность узлов, лежащих на одной линии, образуют ряды. Плоскость, проходящая через любые три узла решетки, не лежащие на одной прямой, называются плоскими сетками.

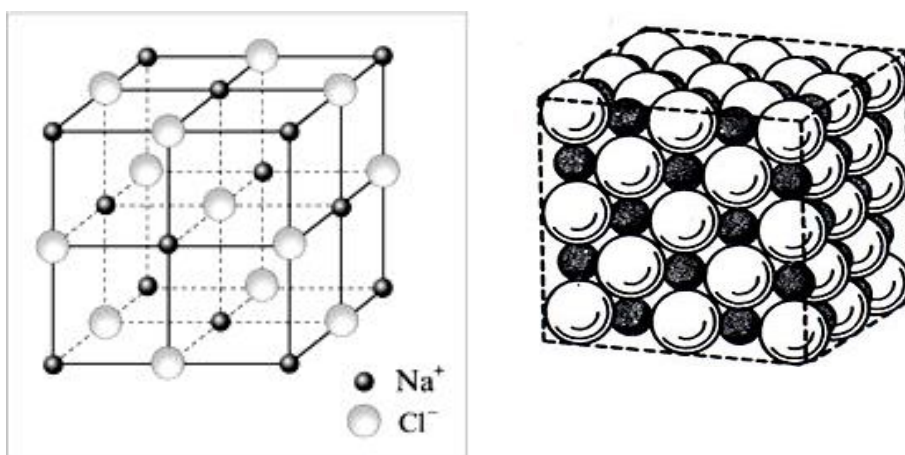


Рис. 1. Кристаллическая решетка каменной соли (галита)

Геометрически правильная форма кристаллов обусловлена прежде всего их строго закономерным внутренним строением. Внешние плоскости кристаллов получили название *граней*, линии пересечения граней - *ребер*, а точки пересечения трех и более ребер – *вершины* (рис. 2).

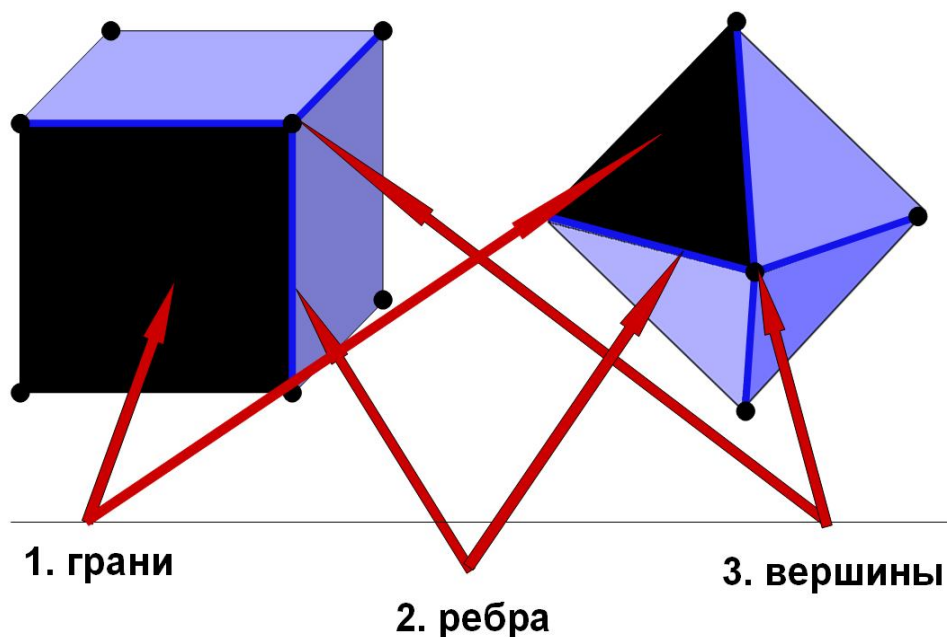


Рис. 2. Элементы огранки кристалла

Одним из важных положений кристаллографии является *закон постоянства граничных углов* (закон Стено) - для всех кристаллов одного и того же вещества углы между соответствующими гранями одинаковы и постоянны. Этот закон позволяет определять минералы путем измерения углов между гранями кристаллов и восстанавливать теоретическую форму кристалла, если проявлены не все грани.

Каждая *грань* кристалла представляет собой плоскость, на которой располагаются атомы. Когда кристалл растет, все грани наращиваются (передвигаются параллельно самим себе), так как на них откладываются все новые и новые слои атомов. По этой причине, параллельно каждой грани в структуре кристалла располагается огромное количество атомных плоскостей, которые когда-то в начальных стадиях роста тоже располагались на гранях кристалла, но в процессе роста оказались внутри него.

Ребра кристалла представляют собой прямые, на которых атомы располагаются в ряд. Таких рядов в кристалле тоже огромное количество и они располагаются параллельно действительным ребрам кристалла.

Все кристаллы обладают рядом основных специфических свойств, отличающих их от некристаллических, аморфных тел. Такими свойствами являются:

Однородность строения - одинаковость узора взаимного расположения атомов во всех частях объема его кристаллической решетки, это означает, что часть кристалла обладает теми же свойствами, что и весь кристалл

Анизотропность (разносвойственность) - различие физических свойств кристаллов в разных направлениях кристаллической решетки. Выражается в том, что физические свойства кристаллов (теплопроводность, твердость, упругость, скорость распространения света и др.) изменяются с изменением направления. Характерна для тех минералов, в кристаллической решетке которых расстояние между ее узлами неодинаково в различных направлениях. Характерным примером является минерал кианит, удлинённые кристаллы которого имеют различную твердость по взаимно перпендикулярным направлениям. Это свойство минерала отражено в его втором названии - дистен.

Способность самоограняться, принимать форму многогранника в результате свободного роста в подходящей среде. Заключается в том, что при свободном росте образуются правильные многоугольники. В кристаллах образуются ограничивающие его плоскости: грани, параллельные плоским сеткам кристаллической решетки, ребра - линии пересечения граней, параллельные рядам решетки, и вершины - точки пересечения ребер, совпадающие с узлами пространственной решетки. Грани, ребра и вершины называются элементами огранения кристалла. У различных кристаллов одного и того же минерала, независимо от его размера и формы граней, углы между соответствующими гранями постоянны. Этот закон постоянства граничных углов является одним из важнейших законов кристаллографии. Он позволяет определить путем измерения граничных углов минералы даже в мелких обломках. Приборы, с помощью которых измеряются величины углов, называются гониометрами.

Симметрия. В переводе с греческого означает «соразмерность» (повторяемость). Симметричные тела и предметы состоят из равнозначных, правильно повторяющихся в пространстве частей. Различные кристаллы отличаются большей или меньшей симметричностью. Она является их важнейшим и специфическим свойством, отражающим закономерность внутреннего строения. Понятие симметрии включает в себя составные части – элементы симметрии. Сюда относятся *ось симметрии, плоскость симметрии, центр симметрии*,

Ось симметрии (L) - воображаемая линия внутри кристалла, при повороте вокруг которой на 360°, все элементы его огранения повторяются «n»-ое количество раз. Число n называется порядком оси (Рис. 3).

В кристаллах возможно наличие осей второго (L2), третьего (L3), четвертого (L4) и шестого (L6) порядков. Оси L3, L4, L6 считаются осями высшего порядка. В одном кристалле могут быть оси симметрии различных порядков. Они проходят через середины противоположных граней и ребер, противоположные вершины, а также через вершину и противоположную ей грань, через середину ребра и грани. Количество осей каждого порядка запи-

сывается перед соответствующим знаком оси. В природных кристаллах встречаются оси симметрии только второго (L_2), третьего (L_3), четвертого (L_4) и шестого (L_6) порядков.

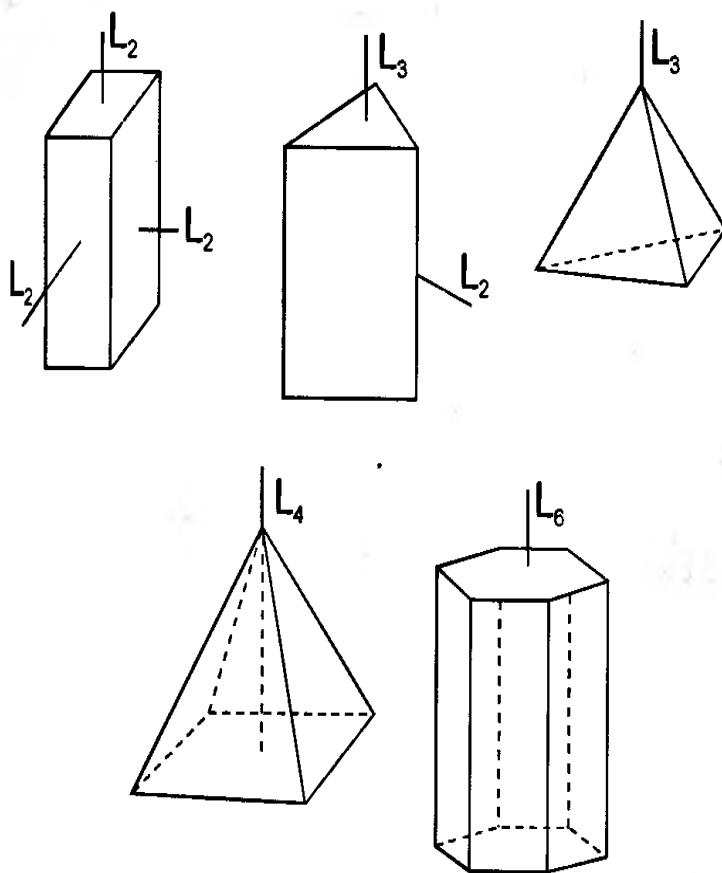


Рис. 3. Оси симметрии второго, третьего, четвертого и шестого порядков

Плоскость симметрии (Р) - делит кристалл на зеркально равные части. В кристалле может быть несколько таких плоскостей (Рис.4). Количество их при записи ставится перед знаком Р. Так, например, в кубе - 9Р.

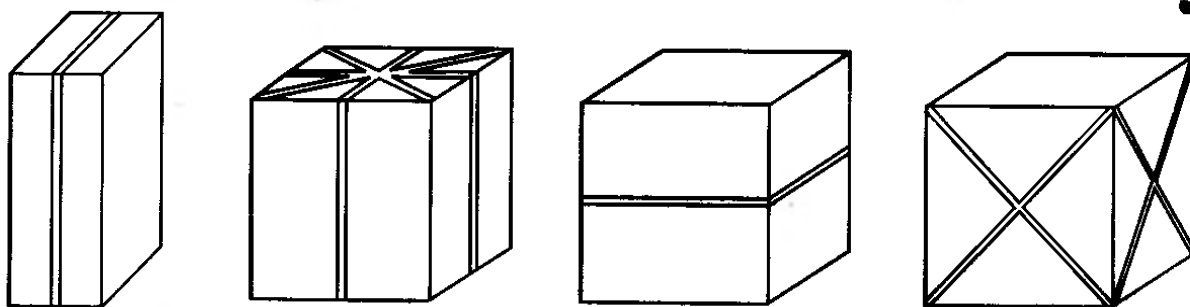


Рис. 4. Плоскости симметрии в многограннике (слева) и кубе.

Центр симметрии (С) - воображаемая точка внутри кристалла, на равных расстояниях от которой в диаметрально противоположных направлениях находятся одинаковые элементы огранения кристалла. Центр симметрии бывает в единственном числе и только в кристаллах, у которых каждая грань имеет себе равную и параллельную (Рис.5).

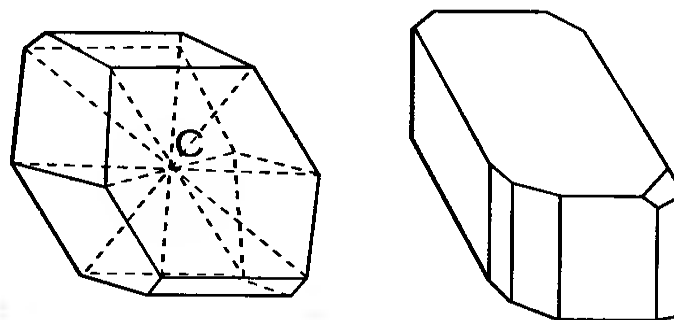


Рис. 5. Слева – кристалл с центром симметрии, справа – центр симметрии отсутствует.

1.3. Сингонии

Группы видов симметрии, обладающие одним или несколькими одинаковыми элементами симметрии и имеющие одинаковое расположение кристаллографических осей, объединяются в **сингонии** (от греческого «син» — одинаковый, вместе, «гония» — угол). Таких сингоний семь. По количеству и порядку осей симметрии сингонии делятся на категории: низшую, среднюю и высшую (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сингоний и их категорий

Категория	Сингония	Формула симметрий	Характеристика категорий
Низшая	Триклинная	Нет или C	Нет осей выше второго порядка. У кристаллов низшей категории не может быть ни одной оси симметрии 3, 4 и 6 порядков, а могут быть только оси 2 порядка, плоскости или центр симметрии. Структура данных кристаллов самая сложная.
	Моноклинная	$L_2; P; L_2PC;$	
	Ромбическая	$3L_2; L_22P; 3L_23PC;$	
Средняя	Тригональная	$L_3; L_3C; L_33L;$ $L_33P; L_33L_23PC;$	Одна ось высшего порядка. У кристаллов средней категории могут быть оси 3, 4 и 6 порядков, но только по одной. Осей 2 порядка может быть несколько, возможны плоскости симметрии и центры симметрии. Формы этих кристаллов: призмы, пирамиды и др. Общая черта: резкое различие свойств вдоль и поперек главной оси симметрии (анизотропия).
	Тетрагональная	$L_4; L_4PC; L_44L_2;$ $L_44P; L_44L_25PC;$	
	Гексагональная	$L_6; L_6PC; L_66L_2;$ $L_66P; L_66L_27PC;$	
Высшая	Кубическая	$4L_33L_2; 4L_33L_23PC;$ $4L_33L_26P;$ $3L_44L_36L_2;$ $3L_44L_36L_29PC;$	Много осей высшего порядка. К высшей категории относятся самые симметричные кристаллы, у них может быть несколько осей симметрии порядков 2, 3 и 4, нет осей 6-го порядка, могут быть плоскости и центры симметрии. К таким формам относятся куб, октаэдр, тетраэдр и др. Они примерно одинаковы во все стороны (изометричны).

Виды симметрии сгруппированы в сингонии - группы с общими чертами структуры. В триклинную сингонию объединены два вида симметрии с осями первого порядка - L_1 и $L_{\bar{1}}$, то есть - C . В моноклинную сингонию объединяются виды симметрии с одной осью симметрии второго порядка - простой или инверсионной.

В ромбическую сингонию объединяются виды симметрии с несколькими осями второго порядка - простыми или инверсионными. Внешняя симметрия кристаллов триклинной, моноклинной, ромбической сингоний, объединяемых в низшую категорию, связана с их структурой.

В тригональную сингонию объединяются виды симметрии, имеющие одну ось третьего порядка, в тетрагональную - одну ось четвертого порядка, в гексагональную - одну ось шестого порядка. Эти три сингонии, характеризующиеся наличием одной оси высшего порядка, объединяются в среднюю категорию.

В высшую категорию включается кубическая сингония, характеризующаяся наличием нескольких осей 3-го и 4-го порядка. Осей шестого порядка в кубической сингонии нет.

Полный набор элементов симметрии называется *формулой или видом симметрии*. Формула симметрии куба - $3L^4, 4L^3, 6L^2$. При записи формул первым указывается количество осей высших порядков по убывающей, затем оси второго порядка, плоскости и центр. Геометрический вывод всех возможных сочетаний элементов симметрии в кристаллах был сделан в 1830 г. немецким минералогом И. Гесселем и независимо от него в 1867 г. русским академиком А.В. Гадолиным. Ими математическим путем было доказано, что в целом в кристаллах существует 32 вида симметрии. Это послужило надежной основой для создания геометрического учения о внешней форме кристаллов.

1.4. Понятия о полиморфизме и изоморфизме

Реальный состав и структура минеральных индивидов отличаются от идеальных, выраженных в химических формулах и структурных схемах минеральных видов. Эти отклонения, связанные с колебаниями условий минералообразования, принято рассматривать в рамках существующих теоретических понятий о полиморфизме и изоморфизме.

Полиморфизм - это способность одного и того же химического вещества строить разные кристаллические решетки и, следовательно, образовывать кристаллы разных минералов. Свойство зависит от условий кристаллизации. Так, атомы углерода при 2000-4000 МПа образуют слоистую решетку графита гексагональной сингонии, а при давлении 8000-10000 МПа - октаэдрическую решетку алмаза кубической сингонии (см. рис. 6, 7).

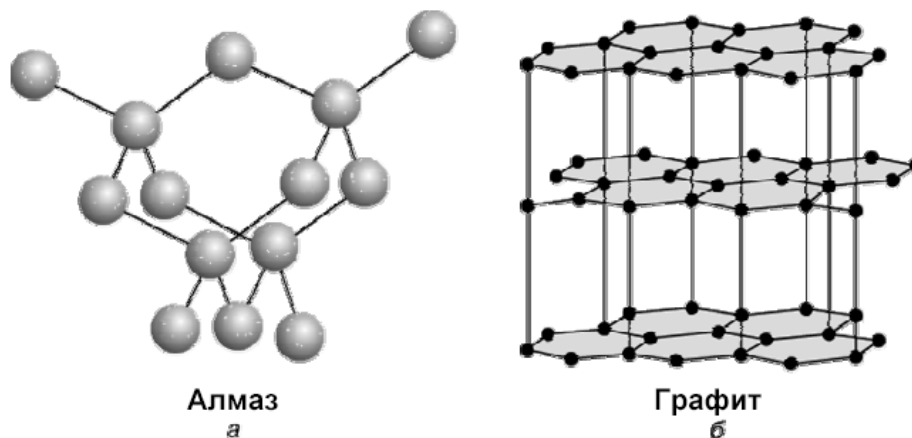
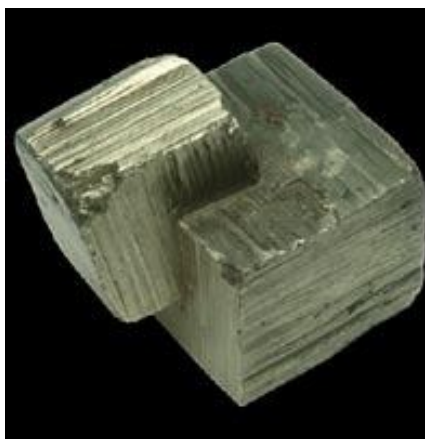


Рис. 6. Кристаллическая решетка алмаза и графита (C).



куб



октаэдр

Рис. 7. Полиморфизм пирита (FeS_2) <http://www.treeland.ru>

Минералы одного и того же состава, но разной структуры - полиморфные модификации (от лат. «поли»- много, «морфо» - форма) - относятся к разным минеральным видам. Каждая модификация устойчива при определенных термодинамических параметрах. С изменением условий происходит переход одной модификации в другую. Различают переходы двух видов: обратимые - энантиотропные (различные модификации SiO_2 : кварц- тридимит- кристобалит) и необратимые - монокотропные (модификации C графит - алмаз). Если такой переход осуществляется с сохранением формы кристаллов первичного минерала, то образуются псевдоморфозы.

Обычно существование полиморфных модификаций определяется физико-химическими условиями, специфическими полями устойчивости, определенных для различных полиморфов. Реакции полиморфных переходов эндотермические – происходят с поглощением энергии в виде тепла. Таким образом, факторами полиморфизма являются температура и давление, в некоторых случаях – степень пересыщения растворов. Часто неустойчивая при данных условиях модификация может быть стабилизирована вхождением в решетку определенных элементов-примесей, которые называются стабилизирующими. Примером является стабилизация арагонита атомами стронция.

Химический состав минералов может быть постоянным или варьировать в довольно широких пределах, определяемых возможностями взаимного замещения различных элементов в кристаллической решетке. Изменчивый химический состав минерала обуславливается явлением изоморфизма.

Изоморфизм (от лат. «изо»- одинаковый, равный, «морфос» - вид, образ) называется способность разных по химическому составу веществ образовывать одинаковые кристаллические решетки, а также кристаллы-смеси (твердые растворы). Иначе говоря, при сходном кристаллическом строении мы имеем расхождение в химическом составе. Вариации состава являются в данном случае результатом замещения в структуре минерала одного иона или ионной группировки на другой ион или группу ионов. Это явление возможно при близком размере атомов и ионов, одинаковом заряде частиц. Например, ионы Fe и Mg в кристаллической структуре минералов могут замещать друг друга. Широко распространено это явление у самых распространенных в земной коре минералов – силикатов. Замечено, что, чем более сложным составом и структурой характеризуется минерал, тем более широко проявляется в нем изоморфизм, хотя из этого правила есть довольно много исключений.

В химических формулах этих минералов замещающие друг друга элементы записываются в круглых скобках через запятую. Например, формула оливина - $(\text{MgFe})_2[\text{SiO}_4]$. Он представляет из себя изоморфную смесь, где атомы Mg и Fe взаимно заменяют друг друга и содержание каждого из них может меняться. Конечными членами этого ряда являются минералы форстерит - $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ и фаялит - $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$. Все три минерала кристаллизуются в ромбической сингонии (рис.8).

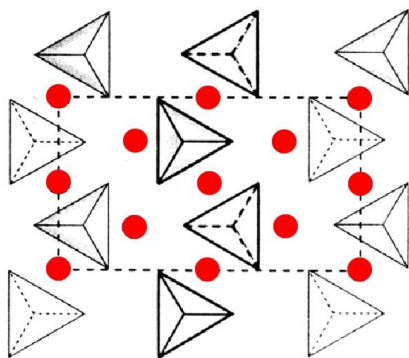


Рис. 8. Структура оливина.

Кружками цветом обозначены катионы Fe. Это структура фаялита ($\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$). Если железо частично заместится магнием (Mg), это будет называться «изоморфное замещение», таким образом, в одном и том же кристалле одновременно будут присутствовать 2 минерала: фаялит и форстерит ($\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$)

Псевдоморфозы (от греч. «псевдос» - ложный) - формы нахождения, не свойственные данному минералу. Например, не образующий обычно кристаллов минерал лимонит (гидроксид железа) может заместить кубический кристалл пирита. Распространены псевдоморфозы по ископаемому дереву, раковинам древних моллюсков, кораллам и прочим органическим остаткам («биоморфоза»). В осадочных породах органические остатки могут не только в буквальном смысле замещаться минеральным веществом, но и играть роль активной затравки, на (вокруг) которой происходит концентрация и избирательное осаждение некоторых минералов. Так, широко распространены пиритовые биоморфозы в юрских глинах центральной России, пиритизированные раковины моллюсков, в частности аммониты (Рис.9), роостры белемнитов и др., а в подстилающих их известняках каменноугольного возраста характерно замещение ископаемых кораллов, мшанок, раковин моллюсков, игл морских ежей и др. минералами группы кремнезёма, чаще всего кремнем.



Рис. 9. Полностью замещенная кристаллами пирита раковина брахиоподы.

1.5. Морфология минералов

Сложность процесса роста кристаллов приводит к тому, что часто их вид, который мы наблюдаем, значительно отличается от идеальных кристаллов. Поэтому для характеристики формы удобно использовать два термина морфология и габитус.

Морфология (форма, от греч. «морфос» - форма + «логос») – это общий вид кристалла. Минералы встречаются в природе в различных формах. Разнообразие которых обусловлено различным внутренним строением кристаллов и различными физико-химическими условиями их роста.

Формы нахождения минералов можно разделить на две группы:

Монокристаллы (от греч. «моно» - один)

Идеальные монокристаллы встречаются редко, ибо для их роста нужно свободное пространство, постоянные температура, давление и концентрация вещества, из которого кристаллизуется минерал.

Срастания кристаллов

Идеальные монокристаллы встречаются редко, ибо для их роста нужно свободное пространство, постоянные температура, давление и концентрация вещества, из которого кристаллизуется минерал. • разделяются на закономерные и закономерные. Последние называются минеральными агрегатами.

Монокристаллы. Одни и те же по составу молекулы могут быть упакованы в кристаллах разными способами. А от способа упаковки зависят физические и химические свойства минералов.

Например, графит и алмаз. Химически они представляют собой углерод С. Однако в структуре алмаза каждый атом углерода расположен в центре тетраэдра, вершинами которого служат четыре ближайших атома. Такая структура определяет свойства алмаза как самого твердого вещества, известного на Земле. Атомы углерода в кристаллической структуре графита формируют шестиугольные кольца, образующие, в свою очередь, прочную и стабильную сетку, похожую на пчелиные соты (Рис.6). Сетки располагаются друг над другом слоями, которые слабо связаны между собой. Такая структура определяет специфические свойства графита: низкую твердость и способность легко расслаиваться на мельчайшие чешуйки.

Кристаллический агрегат - это скопление многих кристаллов. Если в кристаллическом агрегате отдельные кристаллы почти не огранены, это объясняется тем, что кристаллизация вещества началась одновременно во многих точках и скорость ее была достаточно высока. Растущие кристаллы теснили друг друга и мешали правильному огранению каждого из них. Для образования правильно ограненных кристаллов необходимо, чтобы ничто не мешало им свободно развиваться, не теснило бы их и не препятствовало росту. Морфология кристаллических агрегатов рассмотрена ниже (подглава 1.6.).

Форма одиночных кристаллов характеризуется прежде всего различным соотношением их длины и ширины. В зависимости от этого выделяют морфологические типы кристаллов:

Изометричные формы, т. е. формы, одинаково развитые во всех трех направлениях в пространстве. Примером таких форм могут быть ромбододекаэдры граната, октаэдры магнетита, кубы пирита и др.

Формы вытянутые в одном направлении (призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые, волокнистые образования). Например, кристаллы амфибола, турмалина, эпидота, асбеста, берилла, актинолита и др.

Формы вытянутые в двух направлениях при сохранении третьего короткого. Они представлены таблитчатыми, чешуйчатыми, листоватыми кристаллами (слюда, тальк, гипс, хлорит). Например, пластинчатые кристаллы гематита, слюд, таблитчатые – полевого шпата, чешуйчатые – серицита и др.

Встречаются и промежуточные (переходные формы между основными типами). Таковы, например, досковидные кристаллы дистена, имеющие промежуточную форму между вторым и третьим типом (уплощенные столбчатые кристаллы); боченковидные кристаллы корунда или скаленоэдрические кристаллы кальцита, как промежуточные формы между первым и вторым типами. Есть формы, приближающиеся к линзовидным (клиновидным) – промежуточные между первым и третьим типами – уплощенные кристаллы сфена, монацита и др. Кроме того, существуют сложные формы кристаллов, например, кристаллы дендриты или зерна неправильной формы.

Габитус – более строгий термин, относящийся только к кристаллическим агрегатам. Определяющий облик минерала по доминирующим на нем граням и соотношению размеров кристалла в трех его измерениях (по осям x , y и z). Так, габитус столбчатых кристаллов скаполита мы назовем удлиненно-призматическим, изометричные кристаллы пирита по пре-

обладающим граням могут иметь гексаэдрический (кубовидный), пентагон-додекаэдрический или октаэдрический габитус.

Кристаллы, относящиеся к одной и той же сингонии, могут выглядеть по-разному, в зависимости от химического состава и условия роста. Одни из них огранены одинаковыми по форме и размеру гранями, другие несколькими разновидностями граней. Первые называются простыми формами, вторые – комбинационными. Количество скомбинированных простых форм определяется по количеству разновидностей граней. В названных простых формах как и во всей кристаллографической номенклатуре используются корни греческих слов: «эдра» - грань; «гония», «клинос» - угол, наклон; «моно» - один; «ди» - два; «тетра» - четыре; «пента» - пять; «дека» - десять; «додека» - двенадцать; «скаленоз» - кривой, неровный (разносторонний треугольник); «пинокос» - доска, таблица; «син» - сходный; «изо» - одинаковый; «поли» - много; «морфос» - форма. Простые формы кристаллов низшей и средней категорий сингоний бывают открытыми и закрытыми. К открытым относятся кристаллы, не замыкающие пространство. Для того, чтобы его замкнуть необходимо присутствие другой простой формы, например, пинакоида. К простым открытым формам относятся моноэдры, пинакоиды, диэдры, призмы, пирамиды. К закрытым: дипирамиды, скаленоэдры, ромбоэдры, ромбический и тетрагональный тетраэдры (рис. 10). В кубической сингонии все простые и комбинационные формы замкнуты (рис. 10). Названия им даются по количеству и по форме граней, например, ромбододекаэдр.

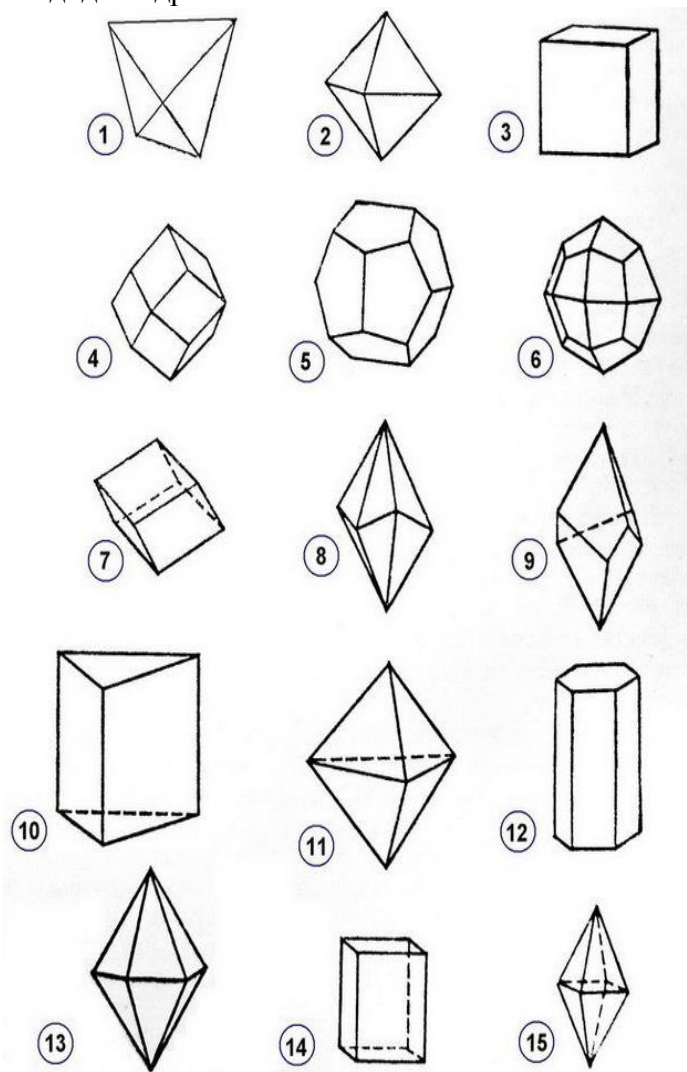


Рис. 10. – Простые формы кристаллов: 1. Тетраэдр 2. Октаэдр 3. Куб 4. Ромбододекаэдр 5. Пентагондодекаэдр 6. Тетрагонтриоктаэдр 7. Ромбоэдр 8. Скаленоэдр 9. Трапецоэдр 10. Трехгранная призма 11. Трехгранная бипирамида 12. Шестигранная призма 13. Шестигранная бипирамида 14. Четырехгранная призма 15. Четырехгранная бипирамида.

1.6. Срастания минералов (агрегаты)

Сростки минералов делятся на кристаллические, зернистые, землистые, плотные, формы заполнения пустот, натечные формы, псевдоморфозы и т.д. Кристаллические сростки бывают закономерными и не закономерными. Закономерные сростки в зависимости от количества сросшихся кристаллов называют двойниками, тройниками и полисинтетическими двойниками. Часто кристаллы одного и того же вещества срастаются друг с другом закономерным образом, образуя двойники (рис. 11). При этом обычно возникают дополнительные элементы симметрии, называемые в данном случае двойниковые элементы симметрии. Если сросток состоит из многих кристаллов, закономерно чередующихся друг с другом, то он называется полисинтетическим двойником. Двойники чаще всего встречаются у кварца, полевых шпатов, гипса, рутила, ставролита.

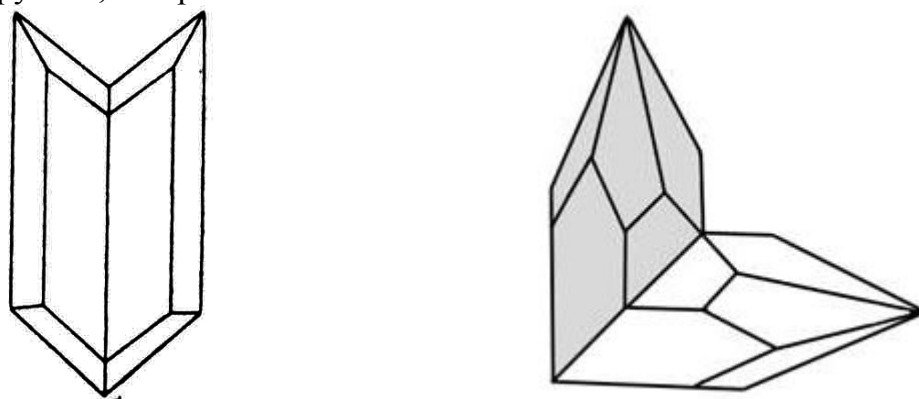


Рис. 11. Двойники «Ласточкин хвост»

К незакономерным кристаллическим сросткам относятся друзы и щетки.

Друзы – это группы кристаллов, выросших одним концом (гранью или ребром) перпендикулярно или почти перпендикулярно к поверхности трещин, стенке жилы или полости в горной породе. Важнейшее явление при образовании друз – геометрический отбор. Сначала на стенку нарастают одиночные разно ориентированные кристаллы. Разрастаясь затем, они соприкасаются друг с другом, утыкаются друг в друга, сами себе мешают расти. Продолжают расти только те кристаллы, вектор роста которых направлен в сторону свободного пространства, т. е. в свободную полость, как правило, перпендикулярно к поверхности трещины. Кристаллы продолжают вытягиваться, постепенно формируя друзу.

Щетки – это одинаковые по размерам сочетания групп кристаллов, выросших перпендикулярно или почти перпендикулярно к поверхности трещин в горной породе, имеют общее основание. Размеры их обычно невелики.

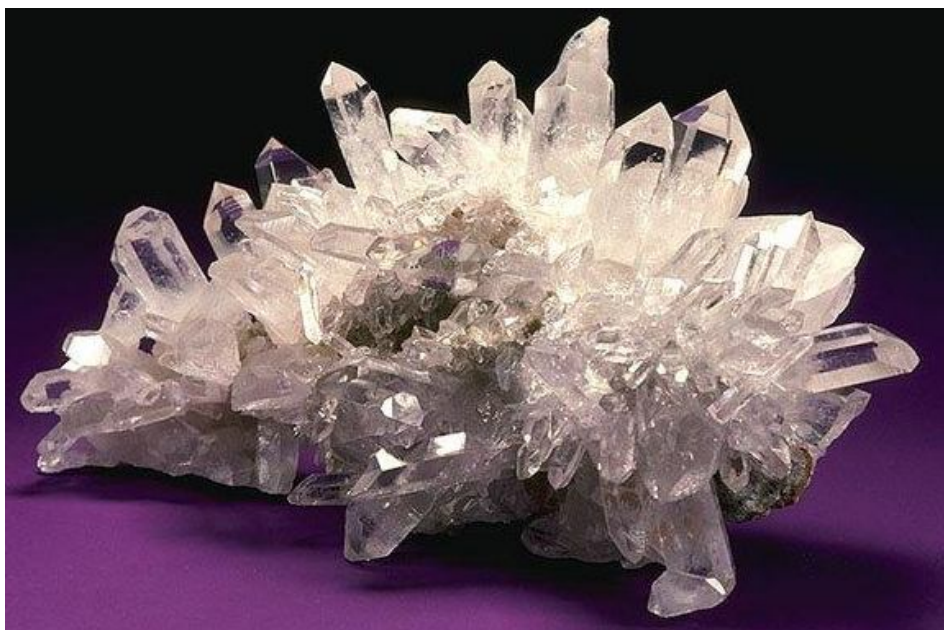


Рис. 12. Друза горного хрусталя. <http://forexaw.com/TERMs/Nature/>

К формам заполнения пустот относятся секрции, которые образуются при заполнении минералом полостей, имеющих шарообразную или овальную форму. Секрции образуются, когда какая-либо полость в горной породе заполняется минеральным веществом от периферии к центру. Часто в центре секрций располагаются друзы (например, миндалины в базальтах, выполненные шестоватым кварцем). В основном, имеют концентрическое строение (агат). Секрции с пустотами в центре называются жеодами (лимонит, агат), (рис.13). Разновидности размером менее 1 см в поперечнике называют миндалинами. Они образуются при заполнении пустот от газовых пузырей в породах, образовавшихся при излиянии лавы.

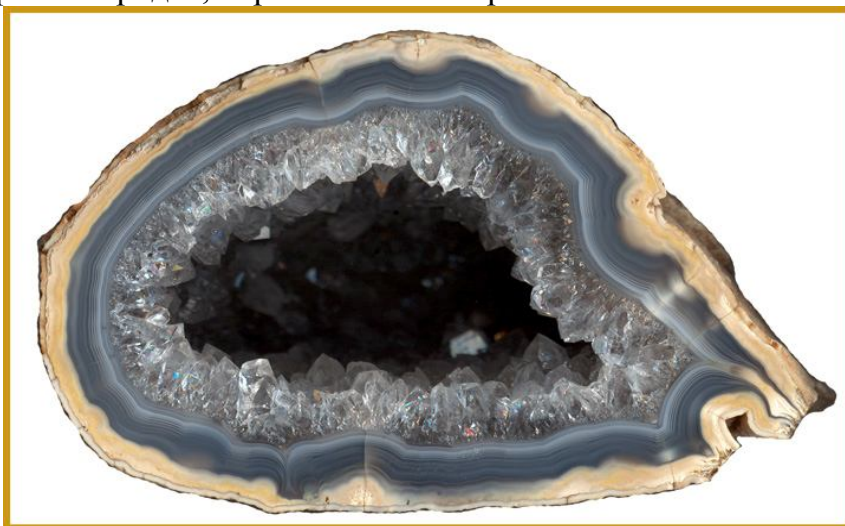


Рис. 13. Жеода агата <http://yandex.ru/images>

Другие Формы

Конкреции - внешне сходны с секрциями (шарообразная, овальная, иногда неправильно круглая или приплюснутая форма), внутреннее строение их часто радиально-лучистое или скорлуповатое. В их центре нередко находится зерно, которое служило затравкой при росте конкреции, который осуществляется от центра к периферии. Чаще всего они образуются в пористых осадочных породах – песках и глинах. Примером могут служить конкреции кальцита, пирита и фосфоритов. Размеры этих образований – от миллиметров до

десятков сантиметров. В виде конкреций встречаются фосфориты, марказит и другие минералы.

К конкрециям близки *о о л и т ы* (рис. 14). Оолиты (бобовины или горошины) образуются в тех случаях, когда минерал кристаллизуется из раствора на каком-нибудь зернышке, как бы прикрывая его скорлупками, налегающими друг на друга (по типу луковицы). Отличаются от конкреций меньшим размером - от миллиметров до нескольких сантиметров (обычно, не более 3). Они имеют концентрически-скорлуповатое строение, вызванное ритмичной сменой условий минералообразования. Наиболее часто оолиты формируются в горячих источниках, в придонных озерных и морских илах (в коллоидах). Они характерны для некоторых разновидностей бокситов, арагонита, марганцевых (вадов) и железных руд (лимонитов).



Рис.14. Оолит магнетита, Рудногорское месторождение, Иркутская область. <http://geo.web.ru/images>

Сферолиты названы так по своей морфологии (рис.15). Сферолиты очень часто имеют почти идеально шаровидную форму и размер от долей до 1–2 см и более. Они, как шарики, нарастают на другие минералы и на стенки разных пустот в рудах и горных породах. Сферолиты образуются либо как результат расщепленного роста кристаллов, либо в них, как в конкрециях, есть ядрышки, на которые нарастает минерал. Вследствие геометрического отбора или стесненных условий кристаллы могут разрастаться, только расходясь лучами от центра сферолита.



Рис.15. Сферолит апатита <http://klopotow.narod.ru/mineral/gallery>

Зернистые агрегаты – сростки минеральных зёрен обычно неправильной формы, образующие горную породу или руду. Часто это сплошные массы произвольно сросшихся зе-

рен одного или нескольких минералов. Каждое зерно – неогранившийся, неоформившийся кристалл, выросший в стесненных условиях. Зернистые агрегаты - наиболее распространенная форма нахождения минералов. Ими сложены все кристаллические горные породы. Они различаются по размерам зерен: гигантозернистые (более 1 см), крупнозернистые (0,3-1 см), мелкозернистые (0,05-0,1 см).

Землистые агрегаты (массы) состоят из кристаллов, различимых только под электронным микроскопом. – мельчайшие зерна минерала в виде порошка, например, ярозит, каолинит. Они легко растираются в руках, пачкают их (каолинит, боксит, лимонит).

Плотные агрегаты тоже состоят из очень мелких кристаллов, которые не различаются визуально. В отличие от землистых они крепкие, не растираются в руках (халцедон), иногда это аморфные вещества (опал).

Параллельно-шестоватые и волокнистые агрегаты обычно образуются в трещинах. Это – жилки шелковистого гипса, серпентин-асбеста (рис.16), шестоватого кальцита, реже – серебра (рис.17). Их образование происходит по-разному. В одних случаях эти агрегаты кристаллизуются на открытых трещинах: сначала растут по принципу геометрического отбора – образуются друзы, затем смыкаются и образуются параллельно-шестоватые или волокнистые агрегаты. В других – такие агрегаты формируются в постепенно приоткрывающихся трещинах, когда скорость открывания трещины меньше скорости роста кристаллов.



Рис. 16. Волокнистые агрегаты серпентин-асбеста <http://yandex.ru/images/search>



Рис.17. Параллельно-волокнистые скрученные агрегаты нитевидных кристаллов серебра <http://yandex.ru/images>

Фрамбуиды - шаровидные агрегаты. Они обычно имеют небольшие размеры (от микроскопических до 1–2 мм) и сложены сплошным агрегатом одинаково огра-

ненных изометричных плотно «уложенных» кристаллов подобно зернистой сердцевине спелого граната. Фрамбоиды типичны для пирита, марказита и некоторых других минералов. Образуются за счет раскристаллизации коллоидальных масс вещества в ходе диагенетического преобразования придонных илов и гелей в современных торфяниках, болотах, озерах и морских осадках. Также формируются при деятельности бактерий.

Почковидные агрегаты состоят из множества соприкасающихся «почек», каждая из которых имеет подобно сферолиту, радиально-лучистое строение, правда оно не всегда заметно невооруженным глазом. Характерные примеры – гётит (Рис.18) и малахит. Их образование происходило на неровной поверхности за счет группового роста и геометрического отбора сферолитов; оставались и разрастались только те сферолиты, которые находились на выпуклостях основания (субстрата). В некоторых почковидных агрегатах заметно не только радиально-лучистое, но и концентрически-зональное строение, как отражение смены условий при росте агрегата. Наиболее часто почковидные агрегаты образуются в различных пустотах в приповерхностных зонах разрушения и выветривания руд и горных пород.



Рис. 18. Почковидные агрегаты гетита <http://yandex.ru/images>

К *натечным формам* относятся *сталактиты* (натёки, свисающие с потолка пещер) и *сталагмиты* (растут на полу пещеры снизу вверх). Чаще всего натёки представлены кальцитом, арагонитом, лимонитом.



Рис. 19. Сталактит (слева) и сталагмит (справа). <http://yandex.ru/images>

Дендриты (от греч. «дендрон» - дерево) - разветвленные, древовидные или моховидные образования, чаще всего представлены оксидами марганца, а также золотом, серебром, медью (рис. 17-18). Встречаются в самих минералах, например моховый агат.

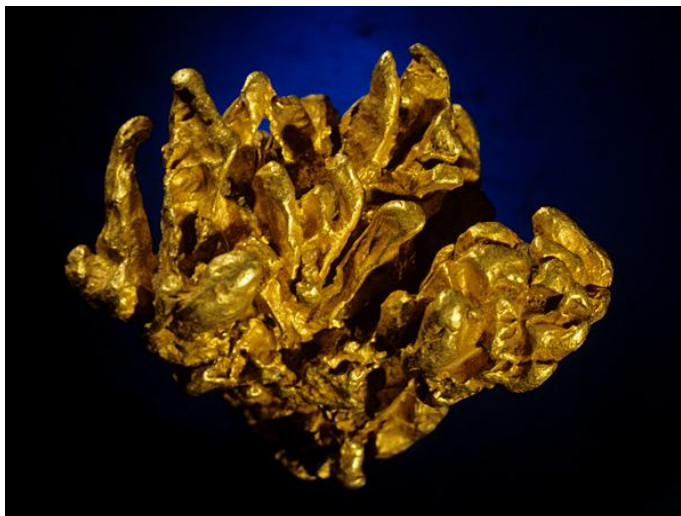


Рис. 20. Дендриты меди <http://klopotow.narod.ru/mineral/gallery>



Рис. 21. Дендрит нашатыря <http://klopotow.narod.ru/mineral/gallery>

Вопросы для закрепления материала:

1. Назовите основные причины кристаллизации вещества.
2. От чего зависит форма кристалла?
3. Отличается ли габитус кристаллов разных сингоний? Чем отличается понятие габитуса от облика кристаллов? Приведите примеры названий габитуса и облика минералов.
4. Какие свойства кристаллического вещества связаны с особенностями его структуры? Почему природные кристаллы не всегда имеют идеальную огранку?
5. Повторите и зарисуйте внешние формы проявления скелетных кристаллов, секреций, конкреций, оолитов, натечных агрегатов, сферолитов, параллельно-шестоватых агрегатов, дендритов.
6. Сопоставьте типичный облик и габитус известных вам минералов: пирита, граната, биотита, турмалина, гипса, антимонита, кальцита.

ГЛАВА 2. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

2.1. Основные диагностические свойства минералов

Физические и химические свойства минералов, по которым он определяется, называются диагностическими. К ним относятся: цвет, цвет черты, прозрачность, блеск, спайность, излом, твердость, форма кристалла или агрегата, и др.

Цвет (окраска) - первое, что привлекает внимание при его определении. В то же время надежным диагностическим признаком цвет может быть только для густо окрашенных минералов, которые имеют всегда одну и ту же окраску, обусловленную их химическим составом. Такая окраска называется **идиохроматической** («идиос» - греч. - свой, собственный; «хромое» - цвет, окраска). Хромофором (красителем) в данном случае является главный химический элемент, входящий в минерал.

Для слабо окрашенных минералов, интенсивность окраски которых зависит от элементов-примесей или особенностей внутренней структуры, цвет не является существенным диагностическим признаком. Окраска минерала, обусловленная элементами-примесями, называется **аллохроматической** («аллос» - греч. - чужой). Например, незначительная примесь железа окрашивает обычно бесцветный кварц в фиолетовый цвет (аметист).

Некоторые минералы имеют **псевдохроматическую** окраску («псевдос» - греч. - ложный), обусловленную налетами, выцветами, примазками, побежалостью, иризацией (цветным отливом, обусловленными тонкими ориентированными включениями, вызывающими интерференцию). Например, латунно-желтый минерал халькопирит часто бывает покрыт радужной розовато-зеленовато-фиолетовой пленкой, называемой побежалостью. Иризация ярко выражена у лабрадора.

Разнообразие причин окраски минералов объясняет разнообразие окрасок природных минералов - от бесцветных до черных через все промежуточные цвета и оттенки. Следует иметь в виду, что цвет минерального индивида зависит от толщины образца. Интенсивность окраски у просвечивающих минералов очень снижается с уменьшением толщины кристаллов или их обломков.

В связи с этим более надежным диагностическим признаком является цвет минерала в порошке (**цвет черты**). Цвет черты часто совпадает с цветом в образце. Например, у киновари цвет и цвет черты красные, у магнетита - черные. У других минералов между цветом минерала в образце и цветом черты часто наблюдается довольно резкое различие. Например, у гематита цвет стально-серый или черный, а черта - вишнево-красная, у пирита цвет латунно-желтый, а черта - черная с зеленым оттенком. Для определения цвета черты пользуются неглазурованной фарфоровой поверхностью. Это могут быть осколки облицовочной плитки, изолятора или фарфоровой посуды.

Большинство прозрачных и полупрозрачных окрашенных минералов обладает бесцветной или слабо окрашенной чертой, поэтому наибольшее диагностическое значение цвет черты имеет для непрозрачных темноокрашенных минералов. Твердые минералы не дают черты, а царапают фарфор. В таких случаях небольшой осколок минерала разбивается молотком или растирается в агатовой ступке, а цвет полученного порошка определяется на белом фоне.

Блеск - эффект, вызванный отражением света от поверхности минерала. Он не зависит от цвета минерала, а определяется характером поверхности, от которой происходит отражение. Блеск одного и того же минерала на гранях кристалла и в изломе агрегатах (сростках) обычно разный. Например, у серы на гранях он алмазный, а в изломе жирный. Различают минералы с металлическим, полуметаллическим и неметаллическим блеском. Среди неметаллических блесков различают по степени интенсивности: алмазный (алмаз, сера), стек-

лянный (кварц), восковой (халцедон), жирный (нефелин), шелковистый (асбест), перламутровый (тальк), смолистый (аурипигмент), матовый (каолинит).

Спайность - это способность кристаллов раскалываться при ударе по определенным кристаллографическим направлениям с образованием блестящих поверхностей. Спайность может проявляться в одном, двух, трех, четырех и шести направлениях. Причина спайности - в различной силе сцепления между материальными частицами кристалла, а эта сила зависит от расстояния между частицами и от величины ионных зарядов, взаимодействующих между собой.

Для оценки спайности существует следующая условная шкала:

Весьма совершенная спайность - кристалл раскалывается на тонкие листочки или пластинки при минимальном усилии (слюда, тальк, гипс).

Совершенная спайность - кристалл при легком ударе раскалывается, образуя ровные поверхности, параллельные граням первичного кристалла. Например, кубический кристалл галита (поваренной соли) при ударе раскалывается на множество кубиков меньшего размера. Такой спайностью обладает галенит (свинцовый блеск), кальцит и многие минералы, называемые «шпатами» (с лат. - хорошо колющийся).

Средняя спайность - при расколе образуются как ровные, так и неровные поверхности. Примером минералов, обладающих такой спайностью, служат роговая обманка и пироксен.

Несовершенная спайность - при расколе образуются преимущественно неровные поверхности, ровные поверхности редки. Такой спайностью обладают берилл и апатит.

Весьма несовершенная спайность - при расколе минерала все осколки имеют неровные поверхности, такие, как у кварца, корунда, золота.

Отдельность. Некоторые минералы, не обнаруживающие спайность, все же раскалываются по определенным ослабленным зонам - трещинам отдельности, возникающим обычно в результате двойникования кристаллов, секторов роста, либо воздействием внешних динамических факторов. Хорошим примером может служить магнитит, у которого отдельность параллельная граням октаэдра (восьмигранника).

Излом - вид поверхности, образующийся при раскалывании минерала. Различают изломы: ровный (кальцит), ступенчатый (полевые шпаты), неровный (сера, апатит), занозистый (актинолит), крючковатый (медь, золото), землистый (каолинит), раковистый (кварц). У некоторых минералов излом может быть характерным признаком, по которому он легко распознается. Например, по раковистому излому определяются кварц, опал, халцедон.

Твердость - это способность минералов сопротивляться механическому воздействию - царапанию, вдавливанию, сверлению. На преодоление этого сопротивления затрачивается работа, которая принимается за меру твердости. Твердость определяется методами вдавливания, царапания, сверления, шлифования.

Для определения твердости методом вдавливания измеряют глубину отпечатка, который оставляет на минерале стандартная алмазная пирамидка под воздействием стандартного груза. По глубине лунки и величине нагрузки рассчитывается значение твердости, выраженная в Мпа ($1 \text{ мегапаскаль} = 1 \text{ кг/мм}^2$). Такая твердость называется абсолютной и определяется в исследовательских лабораториях с помощью приборов, называемых склерометрами (твердомерами).

В учебных, а часто и в практических целях для быстрой диагностики минералов твердость определяют царапанием, т.е. определяют относительную твердость минерала. Для ее определения австрийский минералог Фридрих Моос в 1824 г. предложил шкалу, состоящую из десяти минералов-эталонов. Они расположены в порядке возрастания твердости, т.е. каждый последующий минерал оставляет царапину на предыдущем (табл. 2). Следует отметить, что в этой шкале не соблюден «масштаб», т.е. второй минерал (гипс) тверже первого (талька) не в два раза, а в пятнадцать раз, десятый (алмаз) тверже первого (талька) не в десять, а в

пять тысяч раз. Определение относительной твердости исследуемого минерала производится путем установления, какой из эталонных минералов он царапает последним. Например, если минерал оставляет царапину на апатите, а сам царапается полевым шпатом, то его твердость по шкале Мооса будет равна 5.

Таблица 2

Шкала твердости Мооса				
Твердость	Минерал-эталон	Абсолютная твердость, МПа	Заменитель	Твердость заменителя по шкале Мооса
1	Тальк	2,4	Мягкий карандаш	1
2	Гипс	36	Ноготь	2
3	Кальцит	109	Медная монета	3-4
4	Флюорит	189	Медная монета	3-4
5	Апатит	536	Стекло	5
6	Полевой шпат	795	Стальной нож	6
7	Кварц	1120	Напильник	7-8
8	Топаз	1427	Напильник	7-8
9	Корунд	2060	Нет заменителя	
10	Алмаз	10060	Нет заменителя	

Набор минералов для составления шкалы Мооса до кварца (7) нетрудно собрать самим, полную же шкалу можно купить в специализированных магазинах наглядных пособий. В случае отсутствия эталонной шкалы Мооса для приблизительного определения твердости можно пользоваться заменителями (табл. 2). В этом случае минералы делятся на:

- мягкие (царапаются ногтем);
- средней твердости (ногтем не царапаются, стекло царапают);
- твердые (царапают стекло, не царапают напильник);
- очень твердые (режут стекло, царапают напильник).

Эта градация принята в предлагаемой далее таблице для определения минералов. Твердость всегда следует определять на свежей поверхности минерала, т.к. поверхности, долгое время бывшие открытыми, претерпевают изменения, твердость их снижается. При определении твердости нужно быть внимательными, чтобы избежать следующей ошибки: иногда, если один из минералов мягче другого, он может оставлять на более твердом след из своих частиц, который можно ошибочно принять за царапину. В отличие от царапины такой след легко стереть. На мелких осколках кристаллов царапину нужно рассматривать в лупу.

Плотность минерала - это масса в граммах его одного кубического сантиметра. Точное определение плотности возможно только в лабораторных условиях путем взвешивания испытуемого образца на аналитических весах, а затем погружения его в дистиллированную воду для определения объема. Плотность будет равна массе минерала, деленной на его объем. В полевых условиях и учебной диагностике плотность определяется приблизительно путем взвешивания на руке с оценкой «легкий», «средней тяжести», «тяжелый», «очень тяжелый». По абсолютной плотности минералы делятся на аналогичные выше перечисленным категории:

- легкие - с плотностью до $2,5 \text{ г/см}^3$;
- средние - от $2,5$ до 4 г/см^3 ;
- тяжелые - от 4 до 6 г/см^3 ;
- очень тяжелые - свыше 6 г/см^3 .

К последним относятся самородные металлы, оксиды и сульфиды ряда металлов. Самыми плотными минералами являются платина (23 г/см^3) и металлы ее группы.

Прозрачность - свойство минерала пропускать свет. Абсолютно непрозрачных тел не существует, однако многие минералы, особенно металлы, даже в тонких пленках видимые лучи пропускают в столь малых количествах, что практически кажутся совершенно непрозрачными. Точно также не существует и абсолютно прозрачных минеральных сред, т.е. таких, которые не поглощали бы проходящего через них света.

В зависимости от степени прочности все минералы делятся на следующие группы:

- прозрачные - горный хрусталь, топаз, кальцит и т.д.;
- полупрозрачные - изумруд, киноварь, сфалерит и т.д.;
- непрозрачные - пирит, магнетит, графит и т.д.

2.2. Особые свойства минералов

Некоторые минералы хорошо узнаются по свойствам, присущим только им или небольшому количеству минералов. Такие свойства называют особыми. К ним относятся: магнитность, радиоактивность, растворимость в воде, запах, реакции с кислотами, двойное лучепреломление и т.д.

Магнитность — способность минерала притягивать железные опилки, булавки, небольшие гвоздики, отклонять стрелу компаса. Особенно ярко это свойство выражено у магнетита, что отразилось и в его названии. По этому свойству его легко отличить от похожих на него по другим признакам гематита, хромита, ильменита. Кусочек испытуемого минерала подносится к горизонтально лежащему компасу с освобожденной стрелкой. Если стрелка притягивается к образцу и следует за ним по кругу, то минерал магнитен. Кроме магнетита магнитностью обладает пирротин, никелистое железо, ферроплатина.

Радиоактивность проверяется радиометрами, а в учебных целях ее можно определить с помощью фотобумаги или фотопленки. В темной комнате на фотобумагу или фотопленку нужно положить образец, подержать его несколько часов, затем фотопленку или бумагу проявить. Если на бумаге или фотопленке появится светлое пятно - минерал радиоактивен. Наиболее радиоактивен уранинит, несколько менее - монацит, ортит, циркон. Эти минералы редко бывают в учебных коллекциях, но во время геологических походов они могут быть встречены.

Растворимость в воде обладают галит, сильвин, мирабилит, а также гипс, ангидрит, кальцит. Последние три минерала растворяются медленно, и в лабораторных условиях это свойство за короткий срок проверить трудно. Быстрорастворимые в воде минералы; имеют вкус. Галит - соленый, сильвин - горько-соленый, и это позволяет отличить их друг от друга.

Некоторые минералы издают **запах при механическом воздействии на них**. Например, арсенопирит (сульфид мышьяка и железа) при ударе молотком издает запах чеснока. Апатит при нагревании издает запах жженой кости. Такой запах мы ощущаем при сверлении зуба, т.к. зубная эмаль состоит в основном из апатита.

Реакция с кислотами. В практике чаще всего применяют реакцию минералов с соляной кислотой (HCl, 10%). Наиболее бурно реагирует с ней кальцит, остальные карбонаты реагируют с подогретой кислотой, либо будучи истертыми в порошок. Образцы после реакции с HCl следует промыть водой во избежание ожогов.

Увеличение объема при нагревании. Из физики известно, что все физические тела при нагревании увеличивают объем. Однако, как правило, такое изменение невозможно заметить простым глазом. У всякого правила, как известно, есть исключения - минерал группы гидрослюд вермикулит отличается от других гидрослюд именно тем, что существенно увеличивает свой объем при нагревании.

Важными диагностическими являются **оптические свойства**.

Двойное лучепреломление присуще исландскому шпату (прозрачная разновидность кальцита); наблюдать это свойство можно, положив кристалл на печатный текст. Если сквозь

кристалла будет видно удвоенное изображение текста, то минерал имеет двойное лучепреломление.

Иризация (от лат радуга)) – яркий цветной отлив на поверхности камня, причиной которого является интерференция света.

Опалесценция – радужная игра цветов, обусловленная взаимодействием света с внутренней пространственной решеткой камня, образованной регулярно расположенными одномерными либо разноразмерными микроглобулами водного геля кремнезема (благородные опалы);

Адуляриценция – голубоватое, жемчужно-белое, бледно-желтое свечение у лунных камней, вызванное тончайшей структурой распада твердого раствора;

Шиллерисценция – мерцающее поблескивание за счет отражения света от плоскостей или трещин (спайности), имеющих одну ориентировку, например, у амазонита, других полевых шпатов либо у бронзита в виде бронзовых отблесков;

Авантюриценция – сверкание от отражающих свет пластинчатых включений (слюды, гематита), находящихся внутри кварца либо полевых шпатов;

Побежалость – интерференционная радужная игра на тончайших пленках окисления, покрывающих поверхность некоторых минералов (пирита, марказита, гематита), подобная переливчатости нефтяных пленок на воде;

Шелковистость – оптический эффект переливчатости и свечения, обусловленный отражениями света на ориентированных включениях трубчатых каналов, игольчатых и волокнистых минералов, выражающийся в шелковистом блеске (обсидиан), эффектах кошачьего, соколиного, тигрового глаза (кварцевый кошачий глаз),

Звездчатости или астеризме с появлением четырех-, шести-, реже двенадцатилучевой звезды в камнях, правильно ориентированных и обработанных в форме сферы либо кабошона (звездчатые рубин, сапфир, алмаз, кварц и т.д.).

Штриховка на гранях. Некоторые минералы имеют на гранях кристаллов систему параллельных бороздок, называемую штриховкой. У пирита штриховка на каждой грани перпендикулярна соседней, а у антимонита и топаза - параллельна и расположена вдоль кристалла, у кварца штриховка поперечная, т.е. перпендикулярна вытянутости кристалла.

Некоторые минералы можно определить **на ощупь**: одни из них жирные (тальк), другие сухие (боксит), третьи - мажущие (каолинит).

Некоторые минералы обладают **ковкостью** (золото, серебро, медь). При проведении по этим минералам ножом на их поверхности останется блестящий гладкий след, а при ударе молотком они расплющиваются в тонкие пластинки.

Гибкостью и упругостью обладают слюды, не содержащие кальция. Это свойство минералов изменять свою форму под влиянием деформирующих сил и вновь ее восстанавливать при снятии напряжения (нагрузки). Некоторые минералы обладают **хрупкостью**, т.е. крошатся под давлением при проведении ножом по поверхности. Такое свойство ярко выражено у блеклой руды (минералы тенантит и тетраэдрит). Она «пылится» при проведении по поверхности ножом. Очень хрупкими являются самородная сера, алмаз.

Люминесценция — способность минералов светиться под воздействием ультрафиолетовых, катодных и рентгеновских лучей. Это свойство проверяется только в специализированных научных и производственных лабораториях.

Вопросы на закрепление темы:

1. Назовите диагностические свойства минералов. Какие из них, по-вашему, являются наиболее важными? Ответ обоснуйте.
2. Какие минералы шкалы Мооса обладают особыми свойствами?
3. Назовите заменители минералов шкалы Мооса.
4. Какие минералы шкалы твердости имеют название «шпат» и почему?

ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИИ МИНЕРАЛОВ

3.1. Виды классификаций минералов.

В зависимости от цели, минералы классифицируются:

- по распространенности в земной коре (породообразующие и акцессорные);
- по генезису;
- по строению кристаллической решетки и химическому составу (кристаллохимическая);
- по практическому применению.

Ученые группируют или систематизируют минералы на основе каких-то признаков. В минералогии были попытки создать классификацию на основе разных признаков: например по твердости, блеску или спайности; по условиям образования или генезису.

По распространённости минералы можно разделить на породообразующие — составляющие основу большинства горных пород, акцессорные — часто присутствующие в горных породах, слагающие менее 5 % породы (от лат. «акцессориус» – дополнительный), случаи нахождения которых единичны или немногочисленны, и рудные, широко представленные в рудных месторождениях.

Генезис минералов. Минералы - это продукты природных физико-химических процессов, которые по источнику энергии делятся на эндогенные и экзогенные.

Эндогенные процессы протекают в недрах Земли и связаны с магматической деятельностью. Магматический процесс делится на несколько этапов: собственно магматический, пегматитовый, постмагматический (пневматолитово-гидротермальный).

Магматические минералы образуются непосредственно из магмы (расплавленной массы) в результате её охлаждения и застывания. **Магма** (от греч. *magma* - тесто, густая мазь) представляет собой сложный расплав мантийного или корового вещества, насыщенный растворенными в нем газами. Непосредственное изучение магмы до сих пор еще невозможно, но на основании изучения различных магматических образований можно предполагать, что магма — это сложный расплав-раствор преимущественно силикатного состава. В магме доминируют те же химические элементы, которые в основном слагают литосферу — кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий. Преобладающими являются кислород и кремний.

В собственно магматический этап в недрах Земли при температурах около 1800-900°C кристаллизуются парагенетические ассоциации минералов - интрузивные (глубинные) магматические горные породы (рис. 21). Например, гранит, в состав которого входят породообразующие минералы: кислые плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, кварц, слюды и акцессорные минералы. Ассоциации минералов бывают различными, в зависимости от состава магмы и условий кристаллизации.

Пегматитовый этап протекает в недрах Земли при температурах примерно 700–200°C. При кристаллизации магмы более легкие элементы и соединения отжимаются вверх, образуя *остаточный расплав*. Поскольку в них высока доля газов, они разрывают (из глубины) уже твердую литосферную оболочку. В образовавшиеся трещины и разломы устремляется остаточный расплав. Давление при этом резко снижается и кристаллизуется своеобразная порода – пегматит, обычно богатая слюдами, полевыми шпатами, кварцем. Из остаточного магматического расплава, богатого летучими компонентами и соединениями редких и редкоземельных элементов, кристаллизуются очень многие ценные минералы: турмалин, топаз, берилл и др.

Пневматолитовый этап или пневматолитиз (от греч. «пневма» - газ). Это процесс образования минералов из газовой фазы, отделившейся от магмы. Кристаллизация минералов происходит как в недрах Земли, так и на ее поверхности. Глубинные пневматолиты просачиваются через горные породы, преобразуя их химический и минеральный состав. Вулканические пневматолиты образуются в вулканических областях за счет газов, выходящих из кратеров вулканов. В процессе возгона газов в трещинах лавовых потоков на суше происходит кристаллизация хлоридов, сульфатов, серы, борной кислоты. В вулканических

возгонах, связанных с базальтовой лавой, обнаружены сульфиды, сульфаты, аморфный кремнезем, гетит, цеолиты. Излившаяся на поверхность Земли магма (лава) затвердевает в виде аморфных стекол (обсидиан), в некоторых породах содержащих редкие вкрапленники кристаллов минералов (кварцевый порфир) с вкрапленниками кварца на фоне аморфной основной массы. Промышленное значение минералов вулканического происхождения ограничено.

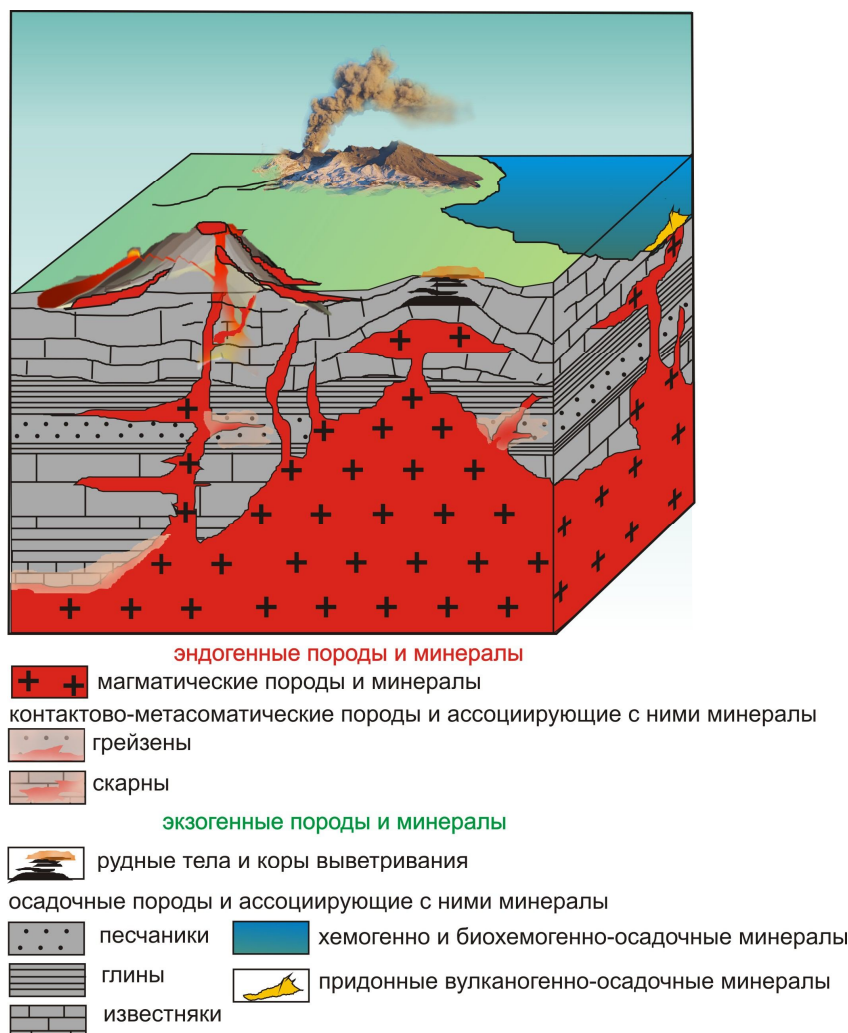


Рис. 21. Условия формирования пород и минералов в земной коре.

Гидротермальный процесс начинается с 450° и заканчивается при температуре ниже 200°C . Гидротермы - горячие водные растворы, отделяющиеся от магмы или образующиеся в результате сжижения газов. Они движутся по трещинкам горных пород, заимствуя у них различные вещества. При остывании растворов образуются жильные тела, vyplненные в основном кварцем с сульфидами различных металлов, а также кварцем с вольфрамитом, касситеритом и другими минералами. Гидротермальное происхождение имеют большинство руд цветных, редких и радиоактивных металлов, а также неметаллические полезные ископаемые, например, кварц, кальцит, флюорит. Гидротермы, достигшие поверхности, называются излияния (на дно бассейнов) и фумаролы, гейзеры (на суше).

Метаморфическое минералообразование. Метаморфические процессы как и магматические являются эндогенными, т.е. происходят внутри земной коры под влиянием высокого давления, магмы и отделяющихся от нее газов и гидротермальных растворов на горные породы. При этом минералы, входящие во вмещающие породы, перекристаллизуются с образованием кристаллических решеток, устойчивых в данных конкретных условиях. При этом происходит взаимный обмен элементами и образуются новые минералы. Этому способствует находящаяся в породах и минералах вода. Породы и минералы, образовавшиеся на

контакте уже сформировавшихся пород при внедрении в них лавы, имеют еще одно название – *метасоматические*. Если уже сформированные породы имели кислый состав (большое количество SiO_2) и внедряющиеся лавы тоже кислого состава, то на контакте образуются грейзены. На контакте карбонатных толщ (известняки, доломиты) и лавы кислого состава образуются различные скарны. Если лава имела щелочной состав, то породы будут называться щелочные метасоматиты. Чаще всего такой процесс сопровождается образованием альбита и носит название альбитизации. Типичными метаморфическими минералами являются графит, гранат, эпидот, топаз, серпентин, тальк, асбест, родонит и др.

К **экзогенным процессам** минералообразования относятся выветривание и осадконакопление, происходящие под влиянием энергии Солнца и гравитации в приповерхностной части земной коры и на поверхности Земли.

Выветривание (гипергенез). Разрушение пород обусловлено влиянием воды и газов атмосферы, активностью макро и микробиоты, при избытке кислорода и углекислого газа, при морозном разрушении и перепадах температур в пустынных областях. Область экзогенного минералообразования - поверхность Земли, гидросфера и атмосфера. Процессы эти происходят при нормальном атмосферном давлении. При разрушении пород химически устойчивые и твердые минералы накапливаются в виде коры выветривания или образуя россыпи.

При химическом выветривании происходит окисление, гидратация, растворение и гидролиз минералов, образовавшихся при магматических и метаморфических процессах в недрах Земли. Образуются новые минералы, устойчивые в приповерхностных условиях. К таким минералам относятся гетит, гидрогетит (вместе образуют горную породу - лимонит), маляхит, каолинит и др. К минералам химического осаждения относятся соли (континентальные – галит, гипс, мирабилит; морские – галит, гипс, сильвин, ангидрит). Большинство экзогенных процессов протекают при активном участии бактериальных сообществ (как на стадии разрушения пород и минералов, так и на стадии новообразований). Большое практическое значение среди пород *биохеомогенного* происхождения имеют железистые и марганцевые осадочные руды и фосфориты.

Классификация по практическому применению. Минералы играют важную роль в жизни человека. Многие из них имеют ценность как рудное сырье. Это качество заключено в их химическом составе, так как именно он определяет, какие элементы могут быть извлечены из минерала посредством плавления или разрушения его структуры другим способом. Такой ценностью обладают, например, халькозин, галенит и сфалерит (сульфиды меди, свинца и цинка), касситерит (оксид олова) и многие другие. Другой особенностью минералов является наличие у них уникальных свойств, связанных с кристаллической структурой. Алмаз и графит представляют собой различные кристаллические формы чистого углерода, а весьма значительные отличия в их физических свойствах обусловлены только расположением атомов углерода. Алмаз самый твердый минерал используется как абразив, а графит – один из самых мягких минералов – смазочный материал или карандашный грифель. Практическое применение важнейших минералов представлено в табл. 3.

Таблица 3

Практическое применение минералов

Название минерала	Применение минерала	Примеры месторождений
Самородные		
Сера	Производство серной кислоты, используется в резиновой промышленности, в сельском хозяйстве: для борьбы с вредителями сельского хозяйства.	Водинское(Самарская обл.), Алексеевское (Самарская обл.), Сырейское (Самарская обл.), Растлер-Спрингс (США), Гаудак (Туркмения), Немировское (Украина)
Графит	Производство карандашей, тиглей, а также твердых антифрикционных смазок.	Ботогольское(Бурятия), Тайгинское(Челябинская обл.), Аргазинское(Челябинская обл.), Завальевское(Украина), Мадрас(Индия), Бакингем(Канада)

Алмаз	В ювелирном деле, используется как абразивный материал, в технических целях - в металлообрабатывающей промышленности, в каменнообрабатывающей промышленности	Попигайское(Якутия), им.Ломоносова(Архангельская обл.), Удачная(Якутия), Орапа (Ботсвана), Мвадуи (Танзания), Аргайл (Австралия)
Сульфиды и сульфосоли		
Молибденит	Важнейшая руда молибдена, используется: при изготовлении высококачественных сортов стали, беспроводной телеграфии, в электротехнике, красочном производстве и химической промышленности.	Сорское (Хакасия), Тырныаузское (Северный Кавказ), Ореkitканское(Бурятия), Каджаранское (Армения), Эмпайр (США), Циндуичен (Китай)
Аурипигмент	Важнейшая руда мышьяка, используется в красильном деле.	Лухумское (Грузия, совместно с реальгаром), Менкюле (Якутия), Джульфинское (Нахичевань, Армения). Также встречается в Австрии (Каринтия), Швейцарии, Аллхар (Македония, Греция), Меркур (штат Юта, США).
Реальгар	Получение мышьяка, получение As_2O_3 (путем обжига), используется в красильном деле, пиротехнике, стекольном производстве.	Эльбрусский рудник (Закавказье), Яхимов (Чехия), Трансильвания (Румыния), Алшар (Республика Македония), Пуццоли (Италия), Валлис (Швейцария), шт. Юта, Невада, Йеллоустонский национальный парк (США), Лухуми (Грузия), Гарц (ФРГ).
Антимонит	Получение сурьмы, изготовление сплавов, обладающих антифрикционными свойствами, используется в резиновой промышленности, текстильном производстве, стекольном деле.	Раздольнинское (Красноярский край), Тургайское (Казахстан), Кадамджайское, Терекское, Хайдарканское (Киргизия), совместно с киноварью в Украине (Никитовское). В Китае - Си-Гуань-Шань(в провинции Хунань), Цинлун, Ишинокава (о. Сикоку, Япония)), Анатолийская сурьмянорудная область, Аланйалилар (Турция).
Киноварь	Важнейшая руда ртути, используется при амальгамации золота, изготовление взрывчатого вещества и детонаторов.	Белореченское (Адыгея), Берёзовское (Свердловская обл.), Куранах (Якутия), Никитовское (Украина), Хайдаркан (Киргизия), Альмаден (Испания)
Галенит	Важнейшая и наиболее распространенная свинцовая руда. Основная добыча серебра связана с его попутным извлечением из галенита.	Нерчинское (Забайкалье), Садонское (Северный Кавказ), Дальнегорское (Приморье), Пршибрам (Чехия), Мадан (Болгария), Херже (Румыния)
Борнит	Важнейшая руда меди.	Джезказган, Саяк (Казахстан), Мансфельд (Германия), Любин близ Легница, (Польша), Словения, Бьютт (Монтана, США), Цумеб (Намибия).
Халькопирит	Важнейшая руда меди. Используется в электропромышленности, в машиностроении, судостроении, изготовление аппаратуры для химической промышленности, в жилищном строительстве.	Кедабекское (Кавказ), Дальнегорское (Приморье), Карабашское (Челябинская обл.), Джезказган (Казахстан), Дашкесан (Азербайджан), Любинское (Польша)

Сфалерит	Важнейшая руда цинка. Получение сплавов цинка.	Дальнегорское (Приморье), Тишинское (Алтай), Риддер-Сокольное (Алтай), Джоплин (США), Альмаден (Испания), Идриа (Италия)
Пирит	Является сырьем для получения серной кислоты и серы. Добавка к цементу	Дегтярское (Свердловская обл.), Калатинское (Свердловская обл.), Шкурлате-3 (Воронежская обл.), Рио-Тинто (Испания), Витватерсранд (ЮАР), Булиден (Швеция)
Оксиды и гидроксиды		
Магнетит	Магнетитовые руды имеют самое высокое содержание железа и легко обогащаются путем магнитной сепарации. Используется при выплавке чугуна, стали. Полученный фосфорный шлак используют в качестве удобрения. Изготовление качественных сталей. Используется в химической промышленности, и как краситель.	Оленегорское (Мурманская обл.), Магнитогорское (Челябинская обл.), Еиско-Ковдорское (Карелия), Криворожское (Украина), Сарбайское (Казахстан), Кируна (Швеция)
Хромит	Важнейшая руда хрома. В металлургической, химической промышленности, в кожевенном деле.	Сарановское (Челябинская обл.), Чебаркульское (Челябинская обл.), Шалозерское (Карелия), Кимшерсайское (Казахстан), Кукёш (Албания), Костанайское (Казахстан)
Пироллюзит	Производство сухих электрических батарей. Изготовление искусственно активированных продуктов. Используется в стекольном деле, изготовление химических препаратов, производство противогазов, олифы, масел, воска и тд.	Усинское (Кемеровская обл.), Мазульское (Красноярский край), Громовское (Забайкалье), Минас-Жерайс (Бразилия), Никопольское (Украина), Оброчиште (Болгария)
Гематит	Порошок из толченого кровавика, используется для полировки золотых изделий. Землистая разновидность применяется в качестве красителя.	Яковлевское (Курская обл.), Коршуновское (Иркутская обл.), Шабровское (Свердловская обл.), Криворожское (Украина), Западный Каражал (Казахстан), Кишкенесор (Казахстан)
Ильменит	Важнейшая руда титана. Изготовление особых сортов стали. Сырье для авиационной промышленности.	Ильменские горы (Челябинская обл.), Пудожгорское (Карелия), Куранахское (Якутия), Теллнес (Норвегия), Панчжихуа (Китай), Ричардс-Бей (США)
Халцедон	Ювелирные изделия. Изготовление химической посуды. В стекольно-керамической промышленности. В производстве карбида кремния. В пескоструйных аппаратах.	Липовское (Свердловская обл.), Тулдунское (Бурятия), Чукотское (Чукотский АО), Иждеванское (Армения), Мжавенское (Армения), Карадаг (Азербайджан)
Горный хрусталь	Изготовление оптических приборов. Используется в радиотехнике (пьезокварцевые пластинки). Изготовление химической посуды. В стекольно-керамической промышленности. В производстве карбида кремния. В пескоструйных аппаратах. Ювелирные изделия.	Астафьевское, Матинское, Пелингичей, Пуйва (Урал), о. Хайнань (Китай), о. Мадагаскар, Шри-Ланка
Кварц мо-	Используется в радиотехнике	Балей (Забайкалье), Кузнечихинское (Челябинская

лочно-белый	(пьезокварцевые пластинки). Изготовление химической посуды. В стекольнокерамической промышленности. В производстве карбида кремния. В пескоструйных аппаратах. В строительстве.	обл.), Берёзовское (Свердловская обл.), Витватерсранд (ЮАР), Мвакамбико (Зимбабве), Аризона (США)
Аметист	Ювелирные изделия. В радиотехнике (пьезокварцевые пластинки). Изготовление химической посуды. В стекольно-керамической промышленности. В производстве карбида кремния. В пескоструйных аппаратах.	Липовское, Мурзинка (Средний Урал), «Мыс Корабль» (Кольский полуостров), Вера Круз, Герейро (Мексика), штаты Мэн, Северная Каролина, Колорадо (США), Минас Грейс, Рио-Гранде-де-Сул, Бахия и Мараба (Бразилия), Тандер-Бей (Канада), Шри-Ланка
Морион	Ювелирные изделия. Изготовление химической посуды. В стекольно-керамической промышленности. В производстве карбида кремния. В пескоструйных аппаратах. :	Средний Урал, Забайкалье, Аиртау (Казахстан), Украина (Володарск-Волынское пегматитовое поле), штат Мэн (США), Французские Альпы, Мадагаскар
Корунд	Как абразивный материал. Используется при изготовлении точильных корундовых кругов, дисков. В ювелирном деле (прозрачные окрашенные разновидности - рубин и сапфир).	Сигангойское (Красноярский край), Ильменские горы (Челябинская обл.), Косой брод (Свердловская обл), Семиз-Бугу (Казахстан), Занскар (Индия), Кортланд (США)
Боксит	Руда на алюминий.	Тихвинское (Ленинградская обл.), Висловское (Белгородская обл.), На Урале: Североуральский бокситоносный район (Свердловская обл) и Южно-Уральские месторождения (Челябинская обл.), Боксонское (Саяны), район Чадобецкого поднятия Приангарья, месторождения в провинциях Шаньдун, Хэнань, Ганьсу, Юньнань, Ляонин, Шэньси (КНР), Халимба, Ньирад, Искасентдёрдь, Гант (Венгрия), Краснооктябрьское месторождение, Белинское, Аятское, Восточно-Аятское (Северный Казахстан), Восточно-Тургайская группа, Гвинея, Австралия, Бразилия, Вьетнам, Индия.
Лимонит	Руда на железо.	Западно-Сибирский железорудный бассейн (Бакчарское, Колпашевское), Орско-Халиловское, Кыштымское, Карабашское (Южный Урал), Алапаевское, Бакальское (Средний Урал), Комарово-Зигаинское (Башкортостан), Кустанайский и Приаральский железорудные районы (Казахстан), Керченское месторождение (Украина), Янтак (Таджикистан) Джангельдинское (Кызылкумы), Лотарингия, Люксембург.
Гетит	Руда на железо.	Средний и Южный Урал (Бакальское месторождение, Гайское месторождение и др.), Курская магнитная аномалия, Пршибрам (Чехия); Брокен-Хилл (штат Новый Южный Уэльс, Австралия), Ноб-Лейк (Канада), Лотарингия (Франция); граф-

		ство Корнуолл (Великобритания).
Опал	В качестве поделочного камня. Для полировки металлов, камней. Кизельгур используется для изготовления фильтров, в выделке легких кирпичей.	Холоднинское (Прибайкалье), Гайское (Оренбургская обл.), Узельгинское (Челябинская обл.), Червенци (Чехия), Кубер-Педи (Австралия), Герреро (Мексика)
Галогениды		
Галит	Используется в пищевой промышленности, в химической промышленности для получения соляной кислоты, хлора, соды, металлического натрия. В текстильной промышленности, в черной и цветной металлургии, в электротехнике изготовление разрядных ламп, электропроводов.	Соликамское (Пермская обл.), Баскунчакское (Астраханская обл.), Соль-Илецкое (Оренбургская обл.), Солотвино (Украина), Страсбургское (Германия), Зальцбургское (Австрия)
Сильвин	Изготовление удобрений. Магний используется в авиационной промышленности, получение вспышек света. Применяется в медицине.	Соликамское (Пермская обл.), Верхнекамское (Пермская обл.), Березняковское (Челябинская обл.), Старобинское (Беларусь), Ильджак (Иран), Саскачеван (Канада)
Флюорит	В металлургии, в химической промышленности, в керамике для получения эмалей и глазури, в оптике для изготовления линз.	Калангуй (Читинская обл.), Хурайское (Бурятия), Вознесенское (Приморье), Такобе (Таджикистан), Гарц (Австрия), Дзун-Цаган-Дель (Монголия)
Карбонаты		
Кальцит	Для оптических поляризованных приборов, в ювелирном деле, в химической промышленности, в полиграфической промышленности.	Додо (Ханты-Мансийский АО), Кибик-Кордонское (Красноярский край), Белореченское (Адыгея), Хайдаркан (Киргизия), Витватерсранд (ЮАР), Каррара (Италия)
Магнезит	Изготовление огнеупорных кирпичей, цемента, штукатурки - в смеси с песком.	Савинское (Иркутская обл.), Саткинское (Челябинская обл.), Тальское (Красноярский край), Бела-Стена (Сербия), Канвеара (Австралия), Овертон (США)
Доломит	В качестве строительного камня. Для изготовления вяжущих веществ. Термоизоляционного материала, огнеупорного материала, В химической промышленности.	Боснинское (Северная Осетия), Лисьегорское (Челябинская обл.), Пяозерское (Карелия), Белый тигр (Вьетнам), Таензинское (Казахстан)
Малахит	При выполнении мозаичных работ, изготовлении ваз, шкатулок, изготовление красок, используется как руда для выплавки меди.	Меднорудянское (Свердловская обл.), Гумешевское (Свердловская обл.), Шесси (Франция), Колвези (Конго), Жезказган (Казахстан)
Сидерит	Руда на железо.	Ахтинское, Бакальское (Урал), Ангари-Питское (Восточная Сибирь), Панашкейра (Португалия), Потенберг, Штирия, Эрцберг (Австрия), Вестфалия (Германия), Пенсильвания (США), Радом (Польша)
Азурит	Изготовление синей краски.	Белореченское (Адыгея), Печенгская губа (Мурманская обл.), Шесси (Франция), Катанга (Конго), Мибладен (Марокко)
Сульфаты		
Гипс	Получение отливок, гипсовых	Порецкое (Чувашия), Новомосковское (Тульская

	слепков, лепных украшений карнизов; употребляется в строительстве в качестве цемента, изготовление кирпичей; в цементной промышленности, производство красок, эмали.	обл.), Баскунчакское (Астраханская обл.), Мозырское (Беларусь), Монмартр (Франция), Бриневское (Украина)
Селенит	Поделочный камень.	Пермский край на откосах реки Ирень (Кунгурский район, Урале), провинция Газни (Афганистан) Артемовское (Донбасс), Шорсу (Ферганская долина)
Барит	Используется в качестве утяжелителя; в химической промышленности изготовление солей; используется в пиротехнике; кожевенном деле; сахарном производстве; в резиновой и бумажной промышленности; металлический барий - изготовление радиоламп.	Белореченское (Адыгея), Берёзовское (Свердловская обл.), Куранах (Якутия), Сеттлингстоун (Великобритания), Чордское (Грузия), Арпакленское (Туркмения)
Ангидрит	Получение отливок, гипсовых слепков, лепных украшений карнизов; употребляется в строительстве в качестве цемента, изготовление кирпичей; в цементной промышленности, производство красок, эмали.	Порецкое(Чувашия), Новомосковское (Тульская обл.), Баскунчакское (Астраханская обл.), Гарц(Германия), Бекс (Швейцария)
Фосфаты		
Апатит	Производство удобрений; в химической промышленности — получают фосфорную кислоту, фосфор, кремнефтористоводородную кислоту.	Хибинское (Карелия), Расвумчорское (Карелия), Селигдарское (Якутия), Сиилинярви (Финляндия), Лоакайский апатитоносный бассейн (Вьетнам)
Фосфорит	Производство удобрений; в химической промышленности - получают фосфорную кислоту, фосфор, кремнефтористоводородную кислоту.	Кингисеппское (Ленинградская обл.), Вятско-Камское (Кировская обл.), Воскресенские карьеры (Подмосковье), Ашинское (Челябинская обл.), Чулактау, Джанатас, Кокджон, Аксайское, Коксу, Каратау (Казахстан), Восточное побережье США и Мексики, Чили, Перу, Аргентины, Испании, Южной Африки, Японии
Силикаты и алюмосиликаты		
Тальк	Используется в бумажной, резиновой промышленности; в парфюмерии (изготовление пудры), изготовление краски, карандашей; для вывода жирных пятен; изготовление высоковольтных электроизоляторов.	Онотское (Иркутская обл.), Шабровское (Свердловская обл.), Мраморское (Свердловская обл.), Мейдок (Канада), Люзенак (Франция), Гавернур (США)
Каолинит	В строительном деле, керамической и бумажной промышленности.	Кыштымское (Челябинская обл), Журавлиный Лог (Челябинская обл.), Кара-Джигит (Казахстан), Карловы Вары (Чехия), Ангренское (Узбекистан)
Мусковит	В электропромышленности; для изготовления изоляторов, конденсаторов, реостатов, огнестойких	Бирюсинское (Красноярский край), Мамско-Чуйское (Иркутская обл.), Спрус Пайн (США),

	материалов.	Дацин (Китай)
Хлорит	Железистые разновидности - в качестве руды на железо. Кислотоупорный материал.	Кандалакшское (Мурманская обл.), Ярута (республика Коми), Карабайтам (Казахстан), Зерматт (Швейцария)
Асбест	В текстильной промышленности, огнестойкие и кровельные материалы, асбестоцементные трубы, картон, бумага для тепловой изоляции, в строительстве, в химической промышленности, в сельском хозяйстве - в качестве удобрения.	Баженовское и Киембаевское (Урал), Бугетысайское (Казахстан), Солт-Ривер (Аризона, США), Куруман, Приска (Капская провинция, ЮАР)
Биотит	В электропромышленности; для изготовления изоляторов, конденсаторов, реостатов, огнестойких материалов.	Лермонтовское (Ставропольский край), Кительское (Карелия), Улугуру (Танзания), Бесне (Франция), Лаахер-Зее (Германия)
Серпентин	В качестве поделочного камня. В черной металлургии – форстеритовые кирпичи. В химической промышленности - получение соединений магния.	Аспагаш, Бис-Таг (Минусинский р-н), Баженовское (Свердловская обл), Кувандыкский район Оренбуржья, Ешке-ульмес (Казахстан), о. Ньюфаундленд (Канада), Шабани(Зимбабве)
Лазурит	Поделочный камень, облицовочный материал.	р. Слюдянка (Саяны), месторождения юго-западной части оз. Байкал, Бадахшан (Афганистан), Андов (Южная Америка)
Родонит	В качестве поделочного камня.	Кургановское, Малоседельниковское, Бородулинское (Средний Урал), Магнитогорский район Южного Урала, Парнокское (Приполярный Урал), Икатское (Бурятия), о. Мадагаскар, Квинсленд, Новый Южный Уэльс (Австралия), хр. Султануиздаг в Средней Азии.
Пироксен	В медицине; пиротехнике; фотографии; стеклоделии; рентгенографии. Является порообразующим минералом.	Йоко-Довыренское (Прибайкалье), Чайское (Прибайкалье), Садбери (Канада), Мэриленд (США)
Роговая обманка	В стекольной промышленности. Порообразующий минерал.	Бенкалинское, Сорское, Южно-Адаевское (Казахстан), Слюдянский район, Иркутская область (Юг), Арендаль (Норвегия), Богемия, Пльзень (Чехия), вулканические извержения провинции Лацио и на Везувии, Кампания, (Италия)
Нефелин	В стекольном производстве, в керамической промышленности, Получают глинозем, соду, ультрамарин.	Расвумчоррское (Карелия), Хибинское (Карелия), Кия-Шалтырское (Красноярский край), Эйфель (Германия)
Нефрит	Изготовление священных предметов, амулетов, ваз, тарелок	р. Китой (хр. Восточный Саян), Витимский нефритоносный район, Джидинский нефритоносный район (Бурятия), хребет Черского (Якутия), Козьма-Демьяновское (Башкирия), Наралинские горы (Южный Урал), Куюльское (Камчатка), Арчалинское, Гавианское (Киргизия), Люшей, Канакан,

		Карала (Китай), Фрэнсис-Лейк (п-ов. Юкон), Прованшер-Лейк, Гринбей, Фэзэр-Ривер штат Британская Колумбия (Канада), бассейн рр. Кобук и Шанганак (штат Аляска, США, Лонг-Крик, Роудз (штат Вайоминг, США), Масс-Хилл, Сан-Мартин (Калифорния).
Актинолит	Изготовление священных предметов, амулетов, ваз, тарелок.	Австрия (Высокий Тауэрн в Каринтии), США (Аляска, Калифорния, Вайоминг, Пенсильвания, Вирджиния), Канада (Британская Колумбия), Танзания, Бразилия (Минас-Жерайс), Новая Зеландия, Китай (Кунь-Лунь), о. Тайвань, о. Мадагаскар, Украина (Криворожье, Приазовье), на Урале - район Златоуста, Шайтанской дачи
Альбит	В качестве облицовочного камня. Породообразующий минерал.	Сен-Готард (Швейцария); Бурж-д'Уазанс (Изер, Франция), в Нью-Мексико и Аризоне (США). Россия: Урал (Мурзинка, Ильменские горы), Карелия, Кольский полуостров, Забайкалье.
Микроклин	В стекольной и керамической промышленности, изготовление глазури, эмалей, электрического фарфора. Породообразующий минерал.	Кейвы (Карелия), Ильменские горы (Челябинская обл.), Мюден (Германия), тесин (Швейцария), Стригом (Польша).
Ортоклаз	В стекольной и керамической промышленности, изготовление глазури, эмалей, электрического фарфора. Породообразующий минерал.	Ильменские горы (Челябинская обл.), Вишневые горы (Челябинская обл.), Слюдянка (Прибайкалье), Головинское (Украина), Карлсбад (Чехия)
Амазонит	В стекольной и керамической промышленности, изготовление глазури, эмалей, электрического фарфора. Изготовление украшений и различных поделок. Породообразующий минерал.	Верхне-Понойский, Кейвы (Кольский полуостров), Ильменские горы, Вишневые горы (Южный Урал), Ольхонский и Слюдянский р-н (Иркутская обл.), Этыкинское (Забайкалье), Рангульское пегматитовое поле (Восточный Памир, Таджикистан), Майкольское (Казахстан).
Лабрадор	В качестве облицовочного поделочного камня.	Полоцкое (Челябинская обл.), Учурское (Хабаровский край), Головинское (Украина), Уичито (США), Салевское (Украина)
Эпидот	Источник редкоземельных элементов.	Австрия (Унтерзульдбахталь), Финляндия (Оутукумпу), США (Калифорния). Ахматовская копь и Поляковский рудник (Южный Урал).
Оливин	Изготовление форстеритовых огнеупорных кирпичей. Прозрачная разновидность оливина — хризолит — в ювелирном деле.	остров Вебергед в Красном море (Египет), штат Квинсленд (Австралия), штат Минас-Жерайс (Бразилия), штат Аризона и Нью-Мексико (США), Норвегия, Бирма. Крупные массивы оливиновых пород распространены на Урале, Северном Кавказе, в Закавказье, на юге Сибири.
Гранат	В ювелирном деле, в качестве абразива. Гранатовая бумага - для полировальных работ.	Кительское (Карелия), Баженовское (Свердловская обл.), месторождения Якутской алмазоносной провинции, Антетезамбато (Мадагаскар), Богемия

		(Чехия), Аламанда (Малая Азия), Шпессарт (Бавария, Германия), Форт Врангель (США).
Турмалин	В ювелирном деле. В радиотехнике для изготовления пластинок.	Липовское (Свердловская обл.), Малханское (Читинская обл.), Минас-Жерайс (Бразилия), Шри-Ланка.
Берилл	В ювелирном деле. В самолетостроении - металлический бериллий. В медицине.	изумрудные копи р. Токовой, Ильменские горы (Урал, Миасс). Кольский полуостров (Стрельнинское, Вороньетундровское и др.), Боденмайс (Бавария), Лиможе (Франция), о. Эльба, Швеция (Финбо, Бродбо), Корнваллис Мурзинка, Шайтанка, округ Коимбатор в Ост-Индии, Минас-Жирайс (Бразилия) и Колумбия, район Алту-Лигонья в Мозамбике.
Циркон	В ювелирном деле, изготовление кислото- и огнеупорных тиглей. В свечах для двигателей внутреннего сгорания, для термоэлементов. В металлургии играет роль раскислителя.	месторождения Якутской алмазоносной провинции, Ильменские, Вишневые горы (Южный Урал), Корнилов Лог (дер. Колташи, Средний Урал), Арыскан, (Восточный Саян), Катугин (Забайкалье), Незаметнинское (Приморье), Мантар (о. Шри-Ланка), Таиланд, Вьетнам.
Топаз	Используется как драгоценный камень.	Ильменский минералогический заповедник (Южный Урал), Мурзинско-Адуйский «самоцветный пояс» (Средний Урал), Володарск-Волынское пегматитовое поле (Украина), Бразилия, Шри-Ланка, Афганистан, Пакистан.

Современным **кристаллохимическим классификациям** предшествовала классификация только по химическому составу. Она принадлежит шведскому химику и минералогу Й.Я. Берцелиусу (1814). С середины прошлого столетия минералы стали классифицировать по химическому составу – по доминирующему аниону или анионной группе. Но только после появления рентгеноструктурного анализа и определения с его помощью внутреннего строения минералов стало возможным установить тесную связь между химическим составом минерала и его кристаллической решеткой. Это открытие положило начало принципу кристаллохимической классификации минералов. Впервые это сделали ученые Брэгг и Гольдшмидт для силикатов. Затем появилась классификация с учетом кристаллической структуры минералов англичанина Дж Дэна (1837) в его труде «Система минералов». В двадцатом веке большой вклад в систематику и описание минералов внесли академики В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, А.Г. Бетехтин, Е.К. Лазаренко, Е.И. Семенов, А.С. Поваренных, А.А. Годовников и многие другие.

Современная номенклатура базируется на кристаллохимической основе и регулярно уточняется, дорабатывается Комиссией по Новым Минералам Международной Минералогической Ассоциации.

В соответствии с этим классификация может быть представлена в следующем виде:

1 класс - самородные. Кроме самородных металлов (Au, Ag, Pt, Hg, Cu), полуметаллов (As, Sb, Bi) и неметаллов (C, S), сюда условно относятся малораспространенные нитриды, карбиды, фосфиды, силициды.

2 класс- сульфиды и их аналоги - арсениды, антимониты, висмутиды, теллуриды, селениды. (S-)

3 класс - оксиды и гидроокисы (O²⁻, OH⁻).

4 класс - галогениды, кроме хлоридов, фторидов, бромидов и иодидов относятся также окси- и гидрогалогениды (Cl-, Br-, I-, F-).

5 класс - карбонаты [CO₃]²⁻.

6 класс – сульфаты (SO₄)

7 класс - фосфаты и их аналоги - арсенаты и ванадаты [PO₄]³⁻. бораты (BO₂)-, боратит, примеры бура (водный борат).

8 класс - силикаты, алюмосиликаты и их аналоги - боросиликаты, титаносиликаты, цирконосиликаты, бериллосиликаты (SiO₄).

3.2. Краткая характеристика минералов

Самородные минералы. Самородными называются минералы, кристаллическая решетка которых образована атомами одного и того же химического элемента. Количество их в земной коре невелико - 0,02% от ее массы. Они подразделяются на металлы - золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt); полуметаллы - мышьяк (As), сурьма (Sb), висмут (Bi); неметаллы - сера (S), алмаз (C), графит (C).

Золото от древнейшего индоевропейского Sol (солнце)

Химическая формула Au

Цвет золотисто-желтый до серебристо-белого

Цвет черты Золотисто-желтая до светло-желтой

Твердость 2-3

Блеск очень сильный металлический

Излом зернистый

Спайность отсутствует

Отдельность отсутствует

Плотность (г/см³) 19,3, 19,3, 19,3

Форма минерального образования, агрегатное состояние кристаллы октаэдрические, додекаэдрические, кубические, искаженные пластинчатые, скелетные. Агрегаты зёрна, чешуйки, листочки, самородки до десятков кг, древовидные и сетчатые, мелкодисперсные включения в сульфидах. Вторичное золото образует пленки, каемки, губчатые образования.

Генезис. В мельчайших включениях встречается в осадочных и метаморфических горных породах, в пегматитах и скарнах; концентрируется в гидротермальных кварцевых жилах, часто с сульфидами, в низкотемпературных гидротермальных месторождениях с карбонатами, цеолитами и флюоритом. Широко распространено в россыпях, в зоне окисления сульфидных месторождений.

Дополнительные свойства: Растворяется в царской водке, растворе цианистого калия или цианистого натрия.

Применение: используется в качестве мишени в ядерных исследованиях, в качестве покрытия зеркал, работающих в дальнем инфракрасном диапазоне, в качестве специальной оболочки в нейтронной бомбе.

Пробность (проба) золота – содержание чистого Au, в ‰ (в десятых долях процента). Наиболее распространенная примесь в золоте – серебро. Чем выше пробность, тем золото имеет более желтый оттенок окраски. Характерным признаком золота является его ковкость – стальная игла оставляет на золоте блестящую царапину. Старейшее в России коренное месторождение золота – Березовское (к востоку от Екатеринбурга, открыто в 1745 г.); за время эксплуатации на нем добыто около 130 тонн золота. На этом месторождении золото преимущественно невидимое на глаз – оно находится главным образом в приуроченных к кварцевым жилам сульфидах (чаще всего в пирите) в виде зерен размерами в сотые доли миллиметра. На обогатительной фабрике из руды получают обогащенный сульфидами концентрат, из которого золото извлекается химическим путем. В настоящее время эксплуатация ведется на глубине 314 – 512 метров, а промышленное оруденение прослежено до глубины 1,1 – 1,2

км. Самое крупное в мире месторождение золота – Витватерсранд (Южная Африка). В России в настоящее время золото добывается преимущественно из россыпей (промывкой рыхлых отложений, главным образом песков).

Серебро с древнеславянского (древнерусского) сребро (сьребро, серебро)

Химическая формула Ag

Цвет серебряно-белый, но с поверхности обыкновенно желтоватый, буроватый, черный (вследствие превращения в другие соединения)

Цвет черты белый

Твердость 2,5- 3

Блеск металлический

Излом крючковатый

Спайность отсутствует

Плотность (г/см³) 10,1-11,0

Форма минерального образования, агрегатное состояние кристаллы, обыкновенно неправильно развитые куб, октаэдр, ромбический додекаэдр; встречается в сплошном виде в сетчатых, волосистых, проволочных, ветвистых формах, а также в чрезвычайно мелком раздроблении

Генезис. В коренных месторождениях в гидротермальных жилах (в верхних частях)

Дополнительные свойства: обыкновенно содержит примеси золота, меди, железа, имеет высокую теплопроводность и электропроводность. В азотной и крепкой серной кислотах растворяется.

Платина (исп. *Plata – серебро*)

Химическая формула Pt

Цвет Серебряно-белый до стального

Цвет черты Серебряно-белая, блестящая

Твердость 5

Блеск металлический

Излом крючковатый

Сингония кубическая

Плотность Удельный вес (г/см³) 14-19

Форма минерального образования, агрегатное состояние встречается в виде листочков, чешуек, зерен, иногда в самородках. Хорошо образованные кристаллы попадаются редко и всегда мелкие

Происхождение (генезис) магматический, россыпи

Дополнительные свойства: растворяется только в царской водке

Применение: В технике как катализатор, в медицине. Специальные зеркала для лазерной техники, выполняет монетарную функцию.

Медь

Химическая формула Cu

Цвет Медно-красный, часто с коричневой побежалостью

Цвет черты Блестящая медно-красная

Твердость 4

Блеск металлический

Излом крючковатый

Спайность отсутствует

Плотность Удельный вес (г/см³) 8,5—9

Форма минерального образования, агрегатное состояние в виде пластинок, губчатых и сплошных масс, кристаллы, сложные двойники и дендриты

Генезис. Образуется в зоне окисления некоторых медносulfидных месторождений. Гидротермально измененные вулканические породы, встречаются месторождения меди в осадочных породах — медистые песчаники и сланцы.

Дополнительные свойства: легко плавится и чернеет.

Поведение в кислотах. Легко растворяется, при добавлении аммиака раствор окрашивается в глубокий синий цвет.

Металлы, перечисленные выше, кристаллизуются в кубической сингонии (кроме ртути), обладают металлическим блеском, блестящей чертой, ковкостью, невысокой твердостью, электропроводностью, высокой плотностью. Золото и платина являются валютными металлами, используются также в ювелирном деле. Серебро зарегистрировано в качестве пищевой добавки E174. Все металлы используются в электротехнике. Месторождения платины связаны с ультраосновными магматическими горными породами, золота и серебра - с кислыми магматическими породами и гидротермальными жилами, с ними связанными. Все металлы встречаются в россыпях.

Неметаллы, в отличие от металлов, не обладают общими свойствами. Единственный признак их объединяющий - невысокая плотность (2-3,5 г/см³).

Сера (от санскритского «сира» — светло-желтый.

Возможно древнееврейск. от «сераф» — букв. сгорающий, а сера хорошо горит).

Химическая формула S

Цвет Серно-желтый, желто-оранжевый, желто-бурый, серовато-желтый, серовато-бурый

Цвет черты соломенно-желтая

Твердость 2

Блеск жирный

Излом раковистый

Сингония ромбическая

Спайность несовершенная

Плотность (г/см³) 2

Форма минерального образования, агрегатное состояние усечённо-дипирамидальные, кристаллы; плотные скрытокристаллические, сливные, зернистые агрегаты, порошковатые и землистые массы, налёты и примазки

Генезис. Вулканическое, гипергенное; продукт жизнедеятельности микроорганизмов в морских бассейнах (осадочные месторождения)

Дополнительные свойства: Плавится при температуре 119°C, загорается при температуре 214-465°C. Легко растворима в канадском бальзаме, в скипидаре и керосине. В HCl и H₂SO₄ нерастворима. HNO₃ и царская водка окисляют серу, превращая её в H₂SO₄

Применение: для производства серной кислоты, вулканизации каучука, как фунгицид в сельском хозяйстве и как коллоидная сера - лекарственный препарат

Графит (от др.-греч. графос - пишу) .

Химическая формула C

Цвет Серый, тёмно-серый, чёрный стальной

Цвет черты Чёрная

Твердость 1-2

Блеск металлический

Излом раковистый

Спайность Совершенная

Плотность (г/см³) 2,09—2,23

Форма минерального образования, агрегатное состояние. Кристаллы пластинчатые, чешуйчатые. Образует листоватые и округлые радиально-лучистые агрегаты, реже — агрегаты концентрически-зонального строения. Структура слоистая.

Генезис. Образуется при высокой температуре в вулканических и магматических горных породах, в пегматитах и скарнах. Встречается в кварцевых жилах с вольфрамитом и др. минералами в среднетемпературных гидротермальных полиметаллических месторождениях. Широко распространён в метаморфических породах — кристаллических сланцах, гнейсах, мраморах.

Дополнительные свойства: Хорошо проводит электрический ток. Относительно мягкий. После воздействия высоких температур становится немного тверже, и становится очень хрупким. Неплавкий, устойчив при нагревании в отсутствие воздуха. В кислотах не растворяется. Жирный (скользкий) на ощупь. Природный графит содержит 10-12 % примесей глины и окислов железа. При трении расслаивается на отдельные чешуйки (это свойство используется в карандашах).

Применение: Графит используют в металлургии для изготовления плавильных тиглей и лодочек, труб, испарителей, кристаллизаторов, футеровочных плит, чехлов для термопар, в качестве противопригарной «присыпки» и смазки литейных форм. Он также служит для изготовления электродов и нагревательных элементов электрических печей, скользящих контактов для электрических машин, анодов и сеток в ртутных выпрямителях, самосмазывающихся подшипников и колец электромашин.

Алмаз

Химическая формула C

Цвет Бесцветный, жёлтый, коричневый, синий, голубой, зелёный, красный, розовый, чёрный

Цвет черты Отсутствует

Твердость 10

Блеск Алмазный

Излом раковистый до занозистого

Спайность Совершенная

Плотность (г/см³) 3,47—3,55

Форма минерального образования, агрегатное состояние. Кристаллы.

Генезис. Магматическое происхождение. Промышленные месторождения алмазов связаны с кимберлитовыми и лампроитовыми трубками, приуроченными к древним кратонам. Основные месторождения этого типа известны в Африке, России, Австралии и Канаде.

Дополнительные свойства. Люминесценция. Большой показатель преломления, наряду с высокой прозрачностью и достаточной дисперсией показателя преломления (игра цвета), делает алмаз одним из самых дорогих драгоценных камней.

Резко контрастная твердость графита - 1 и алмаза - 10 (по шкале Мооса) объясняется различным строением их кристаллических решеток. Алмаз является одним из самых дорогих драгоценных камней, а также используется в технических целях - для изготовления буровых коронок, сверл, абразивных материалов и т. п. Технические алмазы составляют 75-80 % от общей добычи алмазов. 10 % кристаллов алмазов имеют форму правильных многогранников, а остальные представляют собой кристаллы несовершенной формы и обломки. Наиболее крупные месторождения алмазов находятся в Южной Африке. В России начало открытию коренных месторождений алмазов было положено в 1940 г., когда геолог В. С. Соболев установил, что территория Западной Якутии сходна по геологическому строению с Южно-Африканской платформой и сделал вывод, что алмазы следует искать именно здесь. Кроме того, найденные в Якутии пиропы - разновидность гранатов, являющаяся в Южной Африке спутником алмазов, также указывают на наличие их месторождений в Якутии.

Сульфиды. Это соли сернистой кислоты (H₂S), т.е. соединения металлов и полуметаллов с серой. Общее содержание их в земной коре не превышает 0,15%, несмотря на то, что насчитывается около 500 минеральных видов. Наиболее распространенными являются:

- Простые сульфиды, представляющие соединения одного металла с серой: халькозин (медный блеск) – Cu₂S, киноварь - HgS, сфалерит (цинковая обманка) - ZnS, антимонит -

Sb_2S_3 , аурипигмент - As_2S_3 , ковеллин (медное индиго) - $\text{Cu}_2\text{S}^*\text{Cu}_2\text{S}_2$, молибденит (молибденовый блеск) - MoS_2 , реальгар - As_4S_4 и др.

Киноварь — [циннобар-перс. Кровь дракона]

Химическая формула HgS

Цвет Ярко-и коричневатокрасный с синевато-серой побежалостью

Цвет черты -

Твердость 2-2, 5

Блеск алмазный матовый

Излом ступенчатый, неровный

Сингония Тригональная

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 8

Форма минерального образования, агрегатное состояние ромбоэдрический зернистые, вкрапленные, порошок, налеты

Происхождение (генезис) гидротермальный

Дополнительные свойства: Легко плавится и при нагревании на воздухе

Применение: наиболее распространённый минерал ртути, с древности применялась в качестве красной краски

Сфалерит [сфалерос – обманчивый], цинковая обманка

Химическая формула ZnS

Цвет Черный, бурый, красноватый, желтый, зеленый, бесцветный, белый

Цвет черты Желтоватая до светло-бурой

Твердость 3,5- 4

Блеск жирный, алмазный

Излом Неровный;

Сингония Кубическая

Спайность Совершенная

Плотность 4,08 - 4,10

Форма минерального образования, агрегатное состояние тетраэдрический, кубооктаэдрический, додекаэдрический зернистые, скорлуповатые, почковидные, колломорфные, земл

Происхождение (генезис) гидротермальный, скарновый

Дополнительные свойства: хрупок

Применение: руда на Zn. Попутно примеси: Cd, In, Ga. в лакокрасочном производстве - изготовление цинковых белил. химически чистый ZnS , - как люминофор для изготовления кинескопов. для изготовления различных светосоставов и светящихся красок (например, в приборостроении), в различных сигнальных аппаратах.

Разнов. : клейофан, марматит

Галенит [galena — свинцовая руда)

Химическая формула PbS

Цвет Серый

Цвет черты Серо-чёрная

Твердость 2-3

Блеск металлический

Излом ровный, ступенчатый

Спайность весьма совершенная

Отдельность по сросткам

Плотность (г/см³) 7, 6

Форма минерального образования, агрегатное состояние кубооктаэдрические, октаэдрические сростания и прорастания зернистые

Происхождение (генезис) в пегматитах, скарнах, вулканических выделениях. Образует корочки и конкреции в осадочных горных породах: углях, известняках, песчаниках, фосфоритах.

Дополнительные свойства: Проводник электричества

Применение: руда на свинец

Аурипигмент [auripigmentum — золотая краска]

Синоним: желтая мышьяковая обманка.

Химическая формула As_2S_3

Цвет лимонно-желтый, оранжево-желтый

Цвет черты светло-желтая, желтая

Твердость 1, 5-2

Блеск жирный до алмазного, перламутровый, полуметаллический, стеклянный

Излом ступенчатый

Сингония моноклинная

Спайность совершенная, несовершенная

Плотность (г/см³) 3, 49

Форма минерального образования, агрегатное состояние кристаллы коротких призм с искривленными гранями

Генезис. в низкотемпературных гидротермальных месторождениях с реальгаром, антимонитом, марказитом, гипсом, опалом, золотом и др., в отложениях горячих источников, в возгонах вулканов; изредка - гипергенный и биогенный

Дополнительные свойства: Легко плавится на угле, давая белый налет; в стеклянной трубке образует мышьяковое зеркало. Поведение в кислотах. Растворим в азотной кислоте и царской водке; выделяющаяся при этом сера всплывает; в едком кали растворим без остатка

Применение: руда мышьяка. как минеральный пигмент в станковой живописи особенно в иконописи (средневековое название минеральной краски — «королевская жёлтая»). Коллекционный материал.

Молибденит - или молибденовый блеск.

Название происходит от греч. «молибос» свинец (в древности агрегаты молибденита и галенита не различали).

Химическая формула MoS_2

Цвет Серебряно-белый до стально-черного, голубоватый

Цвет черты Серебряно-белая, блестящая

Твердость 1,0-1,5

Блеск металлический

Излом крючковатый

Спайность весьма совершенная в одном направлении

Плотность Удельный вес (г/см³) 4,6–5

Форма минерального образования, агрегатное состояние Обычно встречается в виде чешуйчатых масс, реже образует розетки пластинчатых кристаллов или отдельные листочки, таблитчатый, короткопризм.

Происхождение (генезис) Обнаружен в гранитных пегматитах и гидротермальных месторождениях совместно с минералами вольфрама, меди и олова

Дополнительные свойства: жирный на ощупь, мягкий, оставляет на бумаге голубовато-серую черту, позволяющую отличить его от графита, на который очень похож.

Применение: сырьё для производства молибдена, из него получают рений, селен, полупроводник, применяемый в радиотехнике для изготовления детекторов, как компонент смазок, особенно для пар трения, работающих в вакууме.

Реальгар [араб, rahjal-ghar - рудничная пыль]

Химическая формула AsS

Цвет оранжево-красный, ярко красный

Цвет черты оранжевая

Твердость 1,5-2

Блеск металлический

Излом раковистый

Сингония моноклинная

Спайность средняя

Плотность (г/см³) 3,6

Форма минерального образования, агрегатное состояние встречается в виде налетов, корок, вкраплений, а также и кристаллов, одиноких или соединенных в друзы

Происхождение (генезис) гидротермальный, вулканический (возгоны)

Дополнительные свойства: Под действием солнечного света разлагается и переходит в жёлтый порошок

Применение как добавка для повышения жаростойкости меди, в производстве свинцовой дроби, некоторых типографских сплавов, встречается в погребениях кочевников юга России.

- Двойные сульфиды - соединения двух или трех металлов с серой. К ним относятся халькопирит - CuFeS_2 , борнит - Cu_5FeS_4 .

Халькопирит [πίρ (οιρ) — огонь], медный колчедан

Химическая формула CuFeS_2

Цвет Золотисто-желтый, часто бурая побежалость

Цвет черты Зеленовато-чёрная

Твердость 3,5

Блеск металлический

Излом неровный до раковистого

Спайность несовершенная

Отдельность есть

Плотность (г/см³) 4,1-4,3,54

Форма минерального образования, агрегатное состояние псевдотетраэдрический, реже дипирамидальный зернистые, скрытокристаллические, реже почковидные

Происхождение (генезис) в скарнах и колчеданных м-ниях; в медистых песчаниках; в м-ниях фосфоритов обнаружен только в сульфидных Cu-Ni месторождениях, связанных с ультраосновными и основными породами

Дополнительные свойства: Хрупкий. Под паяльной трубкой на угле сплавляется в серо-чёрный магнитный королёк

Применение: важнейшая руда на медь

- Дисульфиды - соединения катиона с анионной группой $[\text{S}_2]^{2-}$. К ним относится пирит FeS_2 , марказит- FeS_2 , арсенопирит - FeAsS .

Пирит (греч. «пир» – огонь (при ударе искрит))

Химическая формула FeS_2

Цвет латунно и золотисто желтый

Цвет черты Зеленовато-чёрный

Твердость 6-6,5

Блеск сильный, металлический

Излом раковистый

Сингония кубическая

Спайность отсутствует

Плотность (г/см³) 5

Форма минерального образования, агрегатное состояние зерен и конкреций

Происхождение (генезис) в изверженных породах в гидротермальных жилах и метасоматических месторождениях, осадочный

Дополнительные свойства: иногда содержит микроскопические включения золота Окисляясь, пирит переходит в лимонит

Применение: В старину использовался как кресало один из главных источников получения серы (наряду с самородной серой), для попутного извлечения примесей: золота, кобальта, никеля, меди

- Сложные сульфиды (сульфосоли) - это так называемые блеклые руды, представляющие изоморфный ряд, отвечающий формуле - $\text{Cu}_3(\text{SbAs})\text{S}_3$.

Общими свойствами сульфидов, по которым их можно отличить от других минералов, является металлический блеск (за исключением блеклых руд). Многие сульфиды из-за этого свойства называют блесками. Все сульфиды, за исключением пирита и сульфидов Ni и Co, не оставляют царапины на стекле. Цвет у каждого сульфида индивидуален. Сульфиды непрозрачные, тяжелые (обычно 5-8 г/см³). Сульфиды являются рудами металлов, входящих в их состав. Большинство сульфидов имеют гидротермальное происхождение и встречаются в тесном парагенезисе. Руды, содержащие галенит, сфалерит и халькопирит называют полиметаллическими.

Галогениды. Соли галоидноводородных кислот - HCl, HF, HBr, HI. К ним относится около 100 минеральных видов, составляющих 0,5% в массе земной коры. Наиболее распространены хлориды и фториды.

Хлориды- соли соляной кислоты наиболее часто встречаются в земной коре. Они делятся на безводные и водные.

Безводные - галит (каменная, поваренная соль)- NaCl, и сильвин - KCl.

Галит (греч. «галос» – соль)

Химическая формула NaCl

Цвет чистый галит бесцветен, за счёт примесей оксидов железа может быть окрашен в красный цвет, примеси Na придают минералу синюю окраску

Цвет черты белая

Твердость 2-2,5

Блеск стеклянный

Излом ступенчатый

Сингония кубическая

Спайность весьма совершенная

Плотность (г/см³) 2,17

Форма минерального образования, агрегатное состояние чаще – кубические кристаллы, зернистые массы

Происхождение (генезис) типичный минерал осадочного происхождения (эвапоритовой формации) образующей мощные пласты, что делает удобным его добычу

Дополнительные свойства: солёный вкус, растворяется в воде, пламя окрашивает в интенсивный жёлтый цвет, хрупкий

Применение в пищевой, химической промышленности

Залежи соли встречаются в пластах пермского периода. В этот период образовались все важнейшие месторождения соли Европы. Является главным соединением, растворённым в водах океана - при солёности воды в 35 промилле на NaCl приходится около 85%.

Сильвин (от Sylvius,

латинизированного имени голландского врача и химика Ф. Боэ)

Химическая формула KCl

Цвет белый с желтыми, красными, синими, коричневыми оттенками

Цвет черты белая

Твердость 2

Блеск от матового до стеклянного

Излом ступенчатый

Сингония кубическая

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 1,99

Форма минерального образования, агрегатное состояние Хорошо огранённые кристаллы встречаются редко; обычно С. образует плотные зернистые агрегаты вместе с галитом, карналлитом и др. (подобные агрегаты называют сильвинитом). Часто «оплывший» из-за гигроскопичности

Происхождение (генезис) в осадочных соленосных толщах вместе с галитом, карналлитом. Встречается также в возгонах вулканов.

Дополнительные свойства: Прозрачные кристаллы хорошо пропускают коротковолновую и инфракрасную области спектра. Легко растворим в воде; на вкус – жгучий, горьковато-солёный. Пламя окрашивает в фиолетовый цвет.

Применение Вместе с галитом сильвин широко применяется в сельском хозяйстве как калийное минеральное удобрение.

Водные - карналлит - $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, бишофит - $\text{MgCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Все хлориды имеют постоянную окраску, зависящую от примесей, стеклянный блеск, белую черту, низкую твердость, растворяются в воде и имеют вкус: галит - солёный, сильвин - горький. Образуются в поверхностных условиях и представляют морские и озерные химические осадки. Ассоциация галита с сильвином образует горную породу, называемую сильвинитом. Имеют большое практическое применение (табл. 3).

Фториды – флюорит, CaF_2 .

Название от латинского «флюре» - течь, так повышает текучесть при выплавке стали, что используется в металлургии, где он применяется в качестве плавня (флюса). Отсюда происходит его другое название – «плавиковый шпат».

Химическая формула CaF_2

Цвет разный: бесцветный, фиолетовый, синий, жёлтый, зелёный разных оттенков. Характерна зональная окраска, часто полихромный. Окраска флюорита связана, как правило, с дефектами кристаллической структуры.

Цвет черты бесцветная

Твердость 4

Блеск стеклянный до жирного

Излом ступенчатый

Сингония кубическая

Спайность весьма совершенная по октаэдру

Плотность (г/см³) 3,18

Форма минерального образования, агрегатное состояние кристаллы кубы, октаэдры, обычные двойники прорастания. Образует щетки и друзы кристаллов, порошковатые и землистые агрегаты.

Происхождение (генезис) гидротермальный, скарновый, осадочный (ратовкит - землистый фиолетовый флюорит, встречающийся в мергелистых породах или доломитизированных известняках)

Дополнительные свойства: Хрупкий. Диагностика: по кубическому облику кристаллов, спайности совершенной по октаэдру, стеклянному блеску, низкой твердости, нередко полихромной окраске.

Применение Используется в металлургии в качестве флюса при выплавке алюминия. Прозрачные бесцветные кристаллы флюорита используются в оптике. Является сырьём для производства плавиковой кислоты и различных соединений фтора.

Оксиды и гидроксиды. Минералы группы оксидов и гидроксидов представляют собой соединения элементов с кислородом (оксиды) и с гидроксильной группой или водой (гидроксиды). Они составляют 17% от веса земной коры, представлены 200 минеральными видами. Наиболее распространены оксиды и гидроксиды Si (12,6%) и Fe (4%), затем по убывающей - Al, Mn, Ti, Sn, и др.

Блеск у оксидов и гидроксидов бывает металлический и неметаллический. У минералов с металлическим блеском цвет и цвет черты постоянные. У минералов с неметаллическим блеском - непостоянный, зависящий от примесей, черты они не дают, по внешним признакам похожи на карбонаты, сульфаты и фосфаты, но в отличие от них имеют высокую твердость (царапают стекло).

Большинство оксидов образуется при эндогенных процессах (кварц, магнетит, гематит, хромит, корунд и др.), а гидроксиды образуются в экзогенных условиях (лимонит, бемит, диаспор, опал и др.).

Оксиды и гидроксиды с металлическим блеском служат рудой для получения тех металлов, которые входят в их состав. Оксиды и гидроксиды с неметаллическим блеском (за исключением землистых разновидностей лимонита и боксита) являются преимущественно драгоценными и поделочными камнями (кварц и его разновидности, корунд, опал).

Магнетит (*магнитный железняк*)

(название связано с именем пастуха Магнеса, который заметил, что конец его железного посоха прилип к скале, а гвозди из его башмаков повыскакивали)

Химическая формула $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Цвет Железно-чёрный

Цвет черты Чёрная

Твердость 5,5-6

Блеск Металлический или матовый

Излом раковистый неровно-ступенчатый

Сингония кубическая

Спайность несовершенная

Плотность (г/см³) 4,9 — 5,2

Форма минерального образования, агрегатное состояние октаэдрические и ромбододекаэдрические, друзы, щётки. Плотные сливные массы, вкрапленники в сланцах. В виде окатанных зёрен в осадочных горных породах и в россыпях.

Происхождение (генезис) магматический, контактово-метаморфический, биохемотропный

Дополнительные свойства: Порошок медленно растворим в HCl Ферримангнетик

Применение: Важная железная руда (72,4% железа). Изделия из плавящего магнетита используют в качестве электродов для некоторых электрохимических процессов.

Хромит (Назван по химическому составу)

Химическая формула FeCr_2O_4

Цвет смоляно-чёрный

Цвет черты чёрная, бурая

Твердость 5,5-7,5

Блеск металлический

Излом ровный

Сингония кубическая

Спайность отсутствует

Плотность (г/см³) 4,5-5,0

Форма минерального образования, агрегатное состояние Кристаллы редки октаэдрические. Обычны массивные тонкозернистые агрегаты либо нодулы (небольшие округлые стяжения) "шариковый хромит"; «леопардовая руда»

Происхождение (генезис) с примесями - магматическое, чистый обнаружен только в метеоритах

Применение: важнейшая, единственная руда хрома, источник легирующего металла для хромо-никелевых сталей и высокосортных чугунов, материал для огнеупорных продуктов, применяемых в металлургии, в производстве реактивов для хромирования, кожевенной, текстильной и лаковой промышленности.

Пиролюзит (от греч. *pyr* - огонь и *luo* - мою)

Химическая формула MnO₂

Цвет Стальной серый, голубовато серый

Цвет черты Чёрная

Твердость 6-6,5

Блеск Металлический

Излом занозистый, неровный

Сингония тетрагональной

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 4,4 - 5,06

Форма минерального образования, агрегатное состояние тонкошестоватого или столбчатого облика встречается редко, скрытокристаллические землистые порошковатые массы

Происхождение (генезис) Образуется в виде осадка в озерах и болотах при низких температурах в условиях доступа кислорода, в зонах окисления марганцевых месторождений часто в жилах кварца гидротермальный

Дополнительные свойства, применение: употребляется в стеклоделии для обесцвечивания стекла для получения катализаторов, в специальных противогасах для защиты от СО.

для получения перманганата калия. В стекольном производстве пиролюзит применяют для обесцвечивания зеленых стекол, в лакокрасочном — для изготовления олифы и масла, в кожевенной — для выделки хромовых кож.

Гематит (от греч. «кровь») кровавик

Химическая формула Fe₂O₃

Цвет чёрный до тёмно-стального

Цвет черты вишнёво-красный

Твердость 5,5- 6,5

Блеск полуметаллический до металлического

Излом полураковистый или ступенчатый, неровно-занозистый

Сингония тригональная

Спайность отсутствует

Отдельность по включениям других минералов

Плотность (г/см³) 4,9-5,3

Форма минерального образования, агрегатное состояние плоские таблитчатые, пластинчатые, расположенные подобно лепесткам розы («железная роза»)

Происхождение (генезис) гидротермальный, контактово-метаморфический в скарнах, в докембрийских метаморфизованных полосчатых железных рудах. В корах выветривания. В осадочных горных породах (тонкодисперсная примесь), в глинах (являясь причиной их красной и окраски).

Дополнительные свойства: Хрупкий, медленно растворим в соляной кислоте

Применение: Из гематитовых руд выплавляют чугун, в темперной живописи как минеральный пигмент, в производстве клеёнки, линолеума, красных карандашей, художественных шрифтов, стойких окрашенных эмалей. Как поделочный камень Гематит может быть получен искусственно.

Ильменит (титанистый железняк,
название дано по *Ильменским горам, где был впервые обнаружен*)

Химическая формула FeTiO_3

Цвет черный

Цвет черты: черная

Твердость 5-6

Блеск яркий металлический

Излом раковистый

Сингония тригональная

Спайность отсутствует

Отдельность по сросткам с другими минералами и двойникам

Плотность (г/см³) 4,72

Форма минерального образования, агрегатное состояние ромбоэдри, зернистые массы и сплошные скопления

Происхождение (генезис) магматический

Дополнительные свойства: Слабо магнитен хрупкий

Применение: Ильменит и титаномагнетит являются ценной рудой для получения титана белой краски - титановых белил, применяется и для получения титанистой стали, которую используют в космических кораблях. Ильменит еще применяется как наполнитель для бумаги, резин, пластмасс, эмалей, керамики.

Кварц – происхождение названия неясно,
возможно от вендского «тварды» — твердый или немецкого
«кверклуфтерц, кверерц» — названия минерала секущих жил.

Разновидности: горный хрусталь (прозрачный), раухтопаз (дымчатый) морион (густо-черный) аметист (фиолетовый) цитрин (желтый) компастельский рубин (красный)

Химическая формула SiO_2

Цвет Коричневый, бесцветный, фиолетовый, серый, жёлтый розовый, красный

Цвет черты Белая

Твердость 7

Блеск Стекланный

Излом раковистый

Сингония тригональная, гексагональная

Спайность отсутствует

Отдельность по пластинчатым микровключениям

Плотность (г/см³) 2,6 — 2,65

Форма минерального образования, агрегатное состояние шестигранные призмы

Происхождение (генезис) магматический, метаморфический, осадочно-гидротермальный

Дополнительные свойства: Растворяется в плавиковой кислоте и расплавах щелочей, диэлектрик, пьезоэлектрик

Применение: в оптических приборах, в генераторах ультразвука, в телефонной и радиоаппаратуре (как пьезоэлектрик). В больших количествах потребляется стекольной и керамической промышленностью (горный хрусталь и чистый кварцевый песок) Также применяется в производстве кремнезёмистых огнеупоров и кварцевого стекла. Многие разновидности используются в ювелирном деле

Халцедон

(от античного города Халкедон на побережье Мраморного моря скрытокристаллическая разновидность кварца SiO_2 , состоящая из тончайших волокон, различных лишь под микроскопом)

Химическая формула SiO_2

Цвет Синеватый, желтоватый, серый

Цвет черты Белый

Твердость 6,5 - 7

Блеск матовый, восковой

Излом Неровный, реже скорлуповатый

Сингония тригональная

Спайность Отсутствует

Плотность (г/см³) 2,58 - 2,64

Форма минерального образования, агрегатное состояние натечные массы, корки с почковидной поверхностью, желваки, прожилки

Происхождение (генезис) гидротермальный, осадочный, биохемогенно-осадочный

Дополнительные свойства: растворим в плавиковой кислоте (HF) и сильно щелочных средах.

Применение: Цветные халцедоны ювелирно-поделочные камни, облицовочный материал
Разновидности: опал, агат, оникс, сапфирин (голубой), сердолик (желтовато-коричневый), сардер (крано-коричневый), хризопраз (зеленый), кахолонг (белый)

Корунд

Название древнеиндийского происхождения (вероятно, от санскритского каурунтака или тамильского курундам так именовали этот минерал в Индии и на Цейлоне.

Разновидности: рубин, сапфир, лейкосапфир (бесцветный), наждак (тонкозернистая смесь корунда с магнетитом серо-черного цвета).

Химическая формула Al_2O_3

Цвет Голубой, красный, жёлтый, коричневый, серый

Цвет черты Белая

Твердость 9

Блеск Стекланный

Излом раковистый неровный

Сингония Тригональная

Спайность мнимая, кажущаяся, из-за сильно выраженной отдельности

Отдельность по двойникам

Плотность (г/см³) 3,9- 4,1

Форма минерального образования, агрегатное состояние бочонкообразные, дипирамидальные и таблитчатые псевдогексагонального облика, вкрапленные зёрна и зернистые агрегаты.

Происхождение (генезис) магматический (щелочной), пегматитовый, россыпи

Дополнительные свойства: хрупкий, нерастворим в кислотах, обладает астеризмом и иризацией

Применение: Прозрачные бездефектные кристаллы корунда используются в ювелирном деле, наждак - как абразив. Налажен промышленный синтез корунда для часовой, радиоэлектронной и ювелирной промышленности

Лимонит

(от греч. λεῖμων — луг; по местонахождению в сырых местах; по желто-лимонной окраске)

Химическая формула $\text{FeOOH} \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$

Цвет Бурый, черный, охристо-желтый

Цвет черты Желтая, ржаво-бурая

Твердость 1,5- 5,5

Блеск Матовый

Излом раковистый

Сингония ромбическая

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 3,3-3,9

Форма минерального образования, агрегатное состояние Тонкокристаллические, волокнистые, столбчатые агрегаты, землистые, сплошные массы, почковидные, сталактитоподобные и шарообразные формы (бурая “стеклянная голова”), оолитовые и бобовые руды.

Происхождение (генезис) легко образуется везде, где выветриваются железосодержащие минералы или осаждаются соли окиси железа; поэтому случаи и способы его образования очень разнообразны,

Дополнительные свойства: Плавится, Растворяется в HCl

Применение: природная охра – пигмент, одна из важнейших железных руд

Гётит назван в честь великого немецкого поэта (и минералога) Гёте

Химическая формула FeO(OH)

Цвет Оттенки коричневого, жёлтый

Цвет черты Желтовато-коричневая

Твердость 5-5,5

Блеск Алмазный в волокнистых разностях, шелковистый

Излом шестоватый

Сингония ромбическая

Спайность Совершенная

Плотность (г/см³) 3,3 — 4,3

Форма минерального образования, агрегатное состояние Призматическая, игольчатая лучистые и волокнистые агрегаты, сплошные, плотные, порошковатые массы

Происхождение (генезис) типичный продукт зоны выветривания, осадочный (в болотах, биохемотральный), гидротермальный

Дополнительные свойства: Хрупкий

Применение: Чрезвычайно важная железная руда. Луговые и озерные железные руды применяют в газовых фильтровальных установках.

Карбонаты. К этому классу относятся соли угольной кислоты - H₂CO₃. На долю карбонатов в земной коре приходится 2% от ее веса. Насчитывается около 100 минеральных видов карбонатов. Они делятся на безводные и водные. Наиболее распространены безводные карбонаты Ca, Mg, Fe. Водные карбонаты Si - малахит и азурит встречаются значительно реже. Цвет безводных карбонатов непостоянен, черта белая и бесцветная. Водные карбонаты обладают постоянным цветом.

Твердость карбонатов средняя (3-4), блеск неметаллический. Наиболее характерная форма кристаллов – ромбоэдр. Встречаются также в виде друз, щеток, натечных форм, в сплошных и зернистых массах.

От похожих минералов класса сульфатов карбонаты отличаются способностью реагировать с разбавленной соляной кислотой с выделением CO₂. Одни из них, например, кальцит - CaCO₃, реагируют с холодной кислотой, другие с подогретой (магнезит - MgCO₃).

Вторым отличительным признаком является совершенная спайность по ромбоэдру.

Карбонаты чаще всего образуются в экзогенных условиях, осаждаясь на дне морей, озер, образуются при химическом выветривании сульфидов и силикатов, выделяются из горячих источников и холодных подземных вод, входят в состав раковин многих беспозвоночных животных. Это преимущественно нерудные полезные ископаемые. Из них состоят распространенные горные породы: известняк, доломит, мрамор. Карбонат Fe - сидерит (FeCO₃) - является рудой на железо, из магнезита (MgCO₃) извлекают магний. Водный карбонат меди - малахит - является ценным поделочным камнем.

Кальцит -от греческого названия извести – «кальцс»

Химическая формула CaCO_3

Цвет белый, Ni и примесь хлорита окрашивают в зеленый цвет, кобальтовые, магранжевые кальциты — розовые Тонкодисперсный пирит окрашивает в синеватый и зеленоватый цвет, с примесью железа — желтоватый, буроватый, красно-коричневый, — в зеленый, включения битуминозного вещества в желтый или бурый цвет.

Цвет черты белая

Твердость 3

Блеск стеклянный до перламутрового

Излом ступенчатый

Сингония тригональная

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 2,6-2,8

Форма минерального образования, агрегатное состояние: ромбоэдрические, пластинчатые, друзы, щетки, сталактиты, сплошные массы, зернистые агрегаты, корки, налёты

Происхождение (генезис) осадочный, гидротермальный

Дополнительные свойства: Вскипает при взаимодействии с разбавленной HCl Прозрачные кристаллы обладают двупреломлением света

Применение в строительстве и химических производствах. Исландский шпат используется в оптических приборах. Тонко измельченный кальцит используется как наполнитель в различных системах, как правило для уменьшения расхода дорогостоящего основного компонента.

Разновидности: исландский шпат с хорошо выраженным двупреломлением (бесцветные прозрачные кристаллы или выколки по спайности)

Папиришпат — тонкопластинчатые кристаллы

Атласный шпат — волокнисто-шестоватые агрегаты, внешне напоминающие селенит

«Вонючий шпат» (кристаллы с обильным содержанием включений пузырьков сероводорода)

Мраморный оникс - полосчато-зональные кальциты

Диагностика: совершенная спайность по ромбоэдру и низкая твёрдость. Характерна реакция с HCl

Доломит (Доломье – франц. Минералог, геолог)

Химическая формула $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Цвет Белый, серый, бледно-красный, коричневатый

Цвет черты Белая

Твердость 3,5 - 4,0

Блеск Стеклянный

Излом ступенчатый

Сингония Тригональная

Спайность Совершенная

Плотность Удельный вес (г/см³) 2,9- 3,2

Форма минерального образования, агрегатное состояние единственный облик кристаллов - ромбоэдр

Происхождение (генезис) Осадочный, гидротермальный

Дополнительные свойства: хрупкий, Не плавится, а растрескивается.

Поведение в кислотах. В холодной HCl растворяется медленно, а в подогретой — быстрее

Применение Доломит применяется для облицовки плавильных и обжиговых печей, для отделки помещений, как ценное удобрение и для раскисления почв, для получения солей магния, как флюс в металлургии, сырьё в стекольном производстве, средство борьбы с насекомыми. Обладая абсолютной нетоксичностью по отношению к любым живым существам, тонко молотый доломит вызывает абразивное разрушение хитиновых покровов у насекомых. Самое сильное воздействие происходит в местах сочленений.

Малахит греч. malakos- мягкий

Химическая формула $\text{CuCO}_3(\text{OH})_2$

Цвет ярко-зеленый, изумрудно-зеленый, темно-зеленый

Цвет черты светло-зеленая

Твердость 3,5-4

Блеск стеклянный, матовый, шелковистый

Излом раковистый

Сингония моноклинная

Спайность отсутствует

Плотность Удельный вес (г/см³) 3,9— 4,1

Форма минерального образования, агрегатное состояние в виде корочек, сферокристаллов, натечных почковидных агрегатов радиально-лучистого и зонально-концентрического строения

Происхождение (генезис) постоянно сопровождает зоны окисления меднорудных и полиметаллических гидротермальных месторождений

Дополнительные свойства: хрупкий

Применение ювелирный и поделочный камень, из мелкой крошки изготавливается минеральный пигмент

Азурит перс. лазард — «голубой».

В средние века называли «горной» или «медной» синью

Химическая формула $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Цвет Лазурно-синий, темно-синий, также зеленовато-фиолетовый. Синяя окраска этого камня обусловлена именно соединениями меди; не случайно азурит называют также медной лазурью

Цвет черты Кобальтово-синяя, бледно-синяя, небесно-голубая

Твердость 4

Блеск стеклянный

Излом раковистый

Сингония моноклинная

Спайность совершенная

Плотность Удельный вес (г/см³) 3,5 - 4

Форма минерального образования, агрегатное состояние многогранные кристаллы, образующие мелкие друзы; короткие, длиннопризматические, толстотаблитчатые кристаллы.

Плотные зернистые массы, радиально-лучистые агрегаты, землистые скопления.

Происхождение (генезис) Образуется в зонах окисления медно-сульфидных месторождений, встречается во вторичных медных рудах вместе с малахитом. В условиях выветривания неустойчив и легко замещается малахитом.

Дополнительные свойства: хрупкий, плавится, в восстановительном пламени дает королек меди. Растворяется в соляной кислоте (с шипением).

Применение В европейской живописи с XV в. до середины XVII в. на основе азурита изготавливали популярную синюю краску для фресковой живописи

Сидерит от греч. sideros -железо (шпатовый железняк)

Химическая формула FeCO_3

Цвет Желтый, желтовато-серый, буровато-серый, буровато-желтый, черный

Цвет черты Бесцветная

Твердость 4-4,5

Блеск стеклянный

Излом ступенчатый

Сингония тригональная

Спайность совершенная

Плотность Удельный вес (г/см³) 3,7—3,9

Форма минерального образования, агрегатное состояние Кристаллы простые ромбоэдри, грубо- или тонкозернистые агрегаты: шаровидные или почковидные радиальные структуры; плотные, смешанные с глиной скопления (глинистый железняк)

Происхождение (генезис) Образуется всегда в местах без доступа кислорода воздуха. Пегматитовые жилы редко

Дополнительные свойства: хрупкий Не плавится, становится трещиноватым, буреет и чернеет (вследствие окисления железа). Интенсивно растворяется в подогретой соляной кислоте

Применение очень важная железная руда

Сульфаты. Соли серной кислоты - H_2SO_4 . Они составляют около 0,5% от веса земной коры. Насчитывается около 130 минеральных видов. Цвет сульфатов постоянный, преимущественно светлых тонов. Черта белая, блеск неметаллический. Разделяются на безводные и водные. Безводные сульфаты (ангидрит, барит и др.) имеют твердость от 3 до 3,5, водные - 2 (гипс, мирабилит). По внешнему виду напоминают карбонаты, но в отличие от последних не реагируют с разбавленной соляной кислотой. По особому свойству - большой плотности узнается барит - 4,5 г/см³. Встречаются в виде плотных, зернистых (алебастр), волокнистых, чешуйчатых, землистых масс, кристаллов, друз, реже – в виде сростков «ласточкин хвост» (гипс) или радиально-лучистых конкреций и секрций (жеод) с кристаллами во внутренней полости (барит). Основная масса сульфатов имеет экзогенное происхождение - это химические морские и озерные осадки или вторичные минералы в зоне окисления сульфидных месторождений. Некоторые сульфаты образуются при гидротермальных процессах могут заполнять миндалевидные пустоты в ряде основных вулканитов (барит, алунит). Применение сульфатов самое разнообразное: медицина, строительство, химическая и бумажная промышленность. Целлестин - S_2SO_4 , является основной рудой на стронций.

Гипс

Разновидности: марьино стекло (прозрачный), селенит (волокнистый), алебастр (сахаровидный)

Химическая формула $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Цвет Белый, красноватый, сероватый, бесцветный

Цвет черты белая

Твердость 2

Блеск стеклянный

Излом раковистый, занозистый

Сингония моноклиная

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 2,2-2,4

Форма минерального образования, агрегатное состояние: плотные, зернистые (алебастр), волокнистые, чешуйчатые, землистые, конкреции, кристаллы, друзы, сростки («ласточкин хвост»)

Происхождение (генезис) осадочный, гидротермальный (экзогенный)

Дополнительные свойства: в закрытой трубочке теряет кристаллизационную воду, превращаясь в сульфат кальция («намертво обожженный гипс»). Поведение в воде и кислотах: слабо растворяется.

Применение: Из гипса изготавливают сухую штукатурку, плиты и панели для перегородок, гипсовые камни, архитектурные детали

Ангидрит

Химическая формула $CaSO_4$

Цвет Серый, белый, бледно-синий, кобальтово-синий, фиолетовый, бледно-красный.

Цвет черты Белая

Твердость 3-3,5-4

Блеск Стекланный, жирный, перламутровый на плоскостях спайности

Излом неровный, ступенчатый

Сингония ромбическая

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 2,9 — 3

Форма минерального образования, агрегатное состояние Толстотаблитчатые, кубические, короткостолбчатые кристаллы; большей частью ангидрит образует сплошные массы

Происхождение (генезис) обычно в осадочных породах, частый спутник гипса в залежах солей и доломита

Дополнительные свойства: хрупкий, не плавится. Поведение в кислотах. В порошке растворяется в H₂SO₄. В воде растворяется очень плохо, в соляной кислоте не разлагается. Порошок растворяется в серной кислоте. Присоединяя воду, переходит в гипс.

Применение широко распространен как породообразующий минерал. В пищевой промышленности зарегистрирован в качестве пищевой добавки E-516. Алебастр при смешении с водой твердеет, образуя дигидрат и широко используется в строительстве. «Это свойство гипса широко используют в ортопедии, травматологии и хирургии для изготовления гипсовых повязок, обеспечивающих фиксацию отдельных частей тела.

Барит (греч. Барос – тяжесть)

Химическая формула BaSO₄

Цвет Белый, серый, красный, желтый, бурый, светло-бурый

Цвет черты Белая

Твердость 3

Блеск стекланный

Излом неровный, ступенчатый

Сингония ромбическая

Спайность совершенная

Плотность (г/см³) 4,3-4,7

Форма минерального образования, агрегатное состояние пластинчатые, чешуйчатые и зернистые

Происхождение (генезис) главным образом гидротермальное, иногда образует самостоятельные рудные жилы в несколько метров шириной. Может заполнять миндалевидные пустоты в ряде основных вулканитов. В осадочных породах образует радиально-лучистые конкреции и секретиции (жеоды) с кристаллами во внутренней полости.

Дополнительные свойства: Растрескивается и плавится лишь по краям тонких осколков, окрашивая пламя в желто-зеленый цвет (характерный для бария). В порошкообразном виде медленно растворяется в концентрированной серной кислоте; от прибавления воды раствор мутнеет из-за выпадения BaSO₄. Хрупок

Применение: прозрачные кристаллы барита используют в оптических приборах. Применяют для защиты от рентгеновских лучей, для покрытий и изоляции в химических производствах (благодаря химической стойкости, в частности по отношению к серной кислоте). Служит сырьем для производства бариевых солей, бариевых белил, эмали, глазури; наполнитель при изготовлении резины, клеенки, линолеума, бумаги. Широко применяется в качестве вещества, повышающего плотность буровых растворов.

Фосфаты. Соли фосфорной кислоты - H₃PO₄. Они составляют не более 0,1% веса земной коры. Цвет и цвет черты непостоянны, блеск неметаллический, твердость 5-5,5. Наиболее распространенными фосфатами являются апатит - Ca₅[PO₄]₃(F,Cl,OH) и фосфорит – смесь апатита с кальцитом и глинистыми минералами. Особым свойством этих минералов является запах жженой кости, образующейся при трении.

Апатит заблуждение, обман

назван так потому, что его часто принимали за другие минералы

Химическая формула $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{O}, \text{OH})$

Цвет бесцветный (прозрачный), белый, часто бледно-зеленый до изумрудно-зеленого, голубой, желтый, бурый, фиолетовый

Цвет черты белая

Твердость 5-5,5

Блеск стеклянный, в изломе жирный

Излом раковистый

неровный

Сингония гексагональная

Спайность несовершенная

Отдельность есть

Плотность **Удельный вес (г/см³)** 3,2—3,4

Форма минерального образования, агрегатное состояние кристаллы, зернистые, иногда почковидные, волокон. корки, сталактитоподобные, земл., оолитовые

Происхождение (генезис) магматический; в нефелиновых сиенитах; в пегматитах; в некоторых высокотемпературных месторождениях железных руд; в высокотемпературных гидротермальных жилах; в жилах альпийского типа; в регионально- и контактово-метаморфизованных, особенно в кристаллических известняках. Экзогенный: продукт раскристаллизации фосфоритов.

Дополнительные свойства: относительно устойчив химически

Применение: используется для производства фосфатных удобрений (суперфосфат, преципитат, аммофос, термофосфат), для получения фосфора и его соединений (фосфорной кислоты и ее солей натрия, аммония), а также в металлургии черных и цветных металлов, в производстве матовых стекол, в медицине, спичечной, текстильной и керамической промышленности.

Фосфаты церия, свинца, железа, урана, меди (соответственно - монацит, вивианит, скородит, урановые слюдки и бирюза) являются менее распространенными и кроме бирюзы, являются рудами на металлы, входящие в их состав. Бирюза является ценным поделочным камнем.

Силикаты и алюмосиликаты. Силикаты - это соли кремниевых кислот - (H_4SiO_4 , H_2SiO_3 , $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$). Алюмосиликаты - это соли алюмокремниевых кислот. Класс силикатов и алюмосиликатов является самым большим по числу минеральных видов - к нему относятся 30% от их общего числа, т.е. около 800 видов. В целом силикаты и алюмосиликаты составляют около 75% земной коры, при этом наиболее распространены полевые шпаты - они составляют около 45% литосферы. Главной структурной единицей кристаллической структуры силикатов является кремнекислородный тетраэдр, в котором атом кремния окружен тетраэдрически расположенными вокруг него атомами кислорода, образуя анион $[\text{SiO}_4]^{4-}$ (рис. 22).

Классификация силикатов и алюмосиликатов проводится по кристаллохимическому принципу, т.е. в зависимости от того, как соединяются между собой в кристаллической решетке кремнекислородные тетраэдры. Различают следующие структурные типы силикатов:

Островные силикаты, т.е. силикаты, в которых кремнекислородные тетраэдры между собой не связаны, связь происходит через катионы. К таким силикатам относятся: оливин - $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$, гранаты с общей формулой - $\text{R}_3^{2+}\text{R}_2^{3+}[\text{SiO}_4]_3$, где R_3^{2+} - Ca, Mg, Mn, Fe, а R_2^{3+} - Al, Fe, Cr, топаз - $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$, циркон - $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ и др. (рис. 22).

Кольцевые силикаты, в которых кремнекислородные тетраэдры образуют кольца - радикалы- $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{12-}$, $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$, соединяющиеся в решетке катионами различных металлов. Примером кольцевых силикатов являются берилл - $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ и турмалин - $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Fe}_3(\text{Al}, \text{Fe})_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH}, \text{F})_4$.

Цепочечные силикаты, в которых кремнекислородные тетраэдры соединяются в виде непрерывных цепочек с радикалами $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ и $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, соединяющиеся между собой катионами Fe, Mg, Ca, Na, Al. К этому подклассу относятся пироксены, родонит.

Ленточные силикаты представляют собой сдвоенные цепочки или пояса кремнекислородных тетраэдров с радикалом $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$. К силикатам с такой структурой относятся амфиболы, такие как тремолит - $\text{Ca}_3\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, актинолит - $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$ и роговая обманка со сложным и непостоянным составом. Среди катионов, соединяющих цепочки, отмечаются Ca, Mg, Fe, Al, Na. Морфологически и по физическим свойствам пироксены и амфиболы подобны друг другу: имеют вытянутый морфологический тип, темную окраску, стеклянный блеск, одинаковую твердость (5,5-6). Макроскопически их отличают по спайности. У пироксенов она по призме под углом около 90° , а у амфиболов по призме под углом 124° .

Слоевые или листовые силикаты и алюмосиликаты. К этому подклассу относятся силикаты и алюмосиликаты с радикалами $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ и $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$. Кремниевые и алюмокремниевые каркасы расположены слоями, соединяющиеся между собой катионами. Примером слоевых силикатов являются: тальк - $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, серпентин - $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, хризотил-асбест - $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$; слюды: мусковит - $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH,F})_2$, биотит - $\text{K}(\text{Fe,Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH,F})_2$, каолинит - $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ и многие другие минералы.

Каркасные алюмосиликаты. Кремнекислородные тетраэдры в кристаллической решетке минералов этого подкласса образуют трехмерный каркас. Три вершины каждого кремнекислородного тетраэдра в этой структуре являются общими с соседним кислородным тетраэдром. Часть тетраэдров являются алюмокислородными. Между собой каркасы соединяются катионами K, Na, Ca в разных количествах (рис. 22-Е). Каркасные алюмосиликаты

являются самыми распространенными в земной коре минералами. Среди них выделяют:

а) полевые шпаты, б) фельдшпатоиды, в) скаполиты, г) цеолиты. Наиболее распространены полевые шпаты, которые по соединяющим каркасы катионам разделяются на K-Na и Na-Ca. К K-Na полевым шпатам относятся ортоклаз и микроклин с химической формулой $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, отличаются между собой углом спайности.

К Na-Ca полевым шпатам относятся плагиоклазы, представляющие собой изоморфный ряд с двумя крайними членами: альбитом - $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и анортитом - $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Классификация плагиоклазов проводится по содержанию Ca (анортитовая составляющая) процент содержания которого считается номером плагиоклаза. Плагиоклазы с определенным количеством анортитовой составляющей имеют собственные названия:

№ плагиоклазов по содержанию кремнекислоты:

- 0-10 - альбит - кислый плагиоклаз
- 10-30 - олигоклаз - кислый плагиоклаз
- 30-50 - андезин - средний плагиоклаз
- 50-70 - лабрадор - основной плагиоклаз
- 70-90 - битовнит - основной плагиоклаз
- 90-100 - анортит - основной плагиоклаз

Содержание кремнекислоты от альбита к анортиту уменьшается, поэтому среди плагиоклазов выделяют кислые, средние и основные.

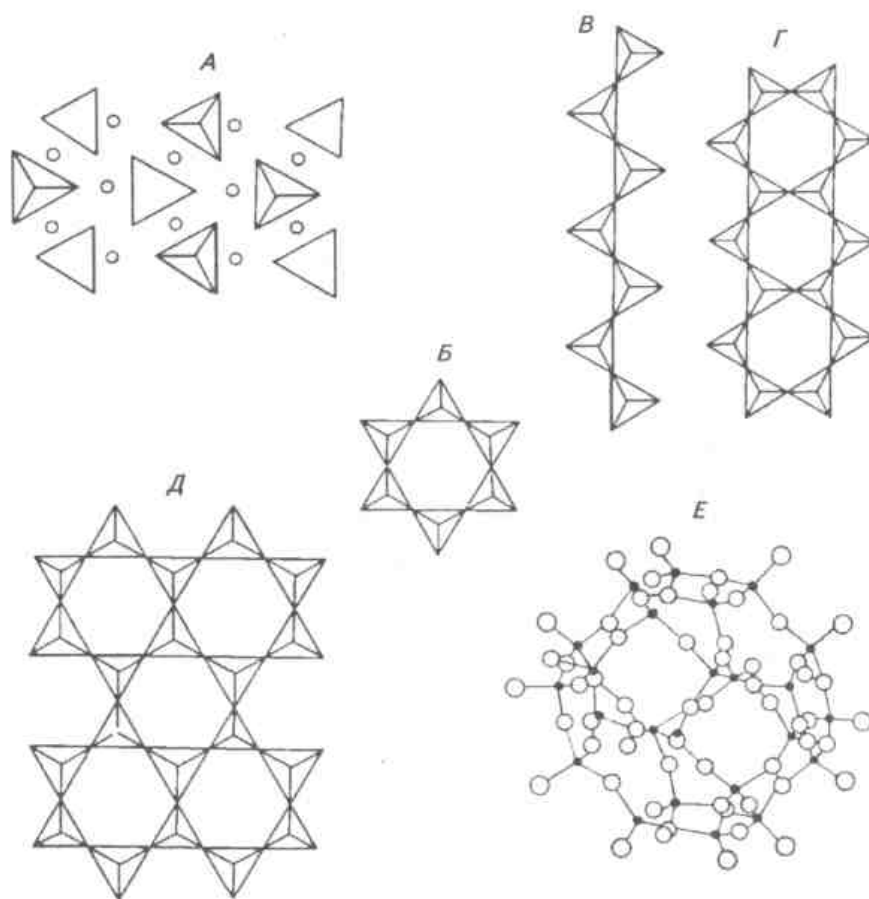


Рис. 22 - Структурные типы силикатов: А – островные, Б- кольцевые, В – цепочечные, Г – ленточные, Д – слоевые, Е – каркасные.

На плоскостях спайности плагиоклазов, в отличие от калиево-натриевых полевых шпатов, иногда видна полисинтетическая двойниковая штриховка. Основные и средние плагиоклазы могут быть подвержены сосюритизации, приводящей к стиранию спайности и приобретению минералом матового излома и характерной зеленоватой (реже беловатой или розоватой) окраски. Некоторым основным плагиоклазам свойственна темно-серая окраска и синеватый отлив на плоскостях спайности. При отсутствии указанных особенностей плагиоклаз внешне не отличим от калинатового полевого шпата.

По внешним признакам легко узнаются только альбит (по белому цвету) и лабрадор (иризирует). Остальные плагиоклазы можно отличить под микроскопом, а макроскопически по парагенезису (по составу совместно образовавшихся минералов, входящих в горную породу). В целом облик и физические свойства силикатов зависят от их структуры. Особенно наглядны в этом отношении слоевые силикаты, имеющие весьма совершенную спайность, параллельную слоям кремнекислородных тетраэдров.

Происхождение силикатов и алюмосиликатов эндогенное, преимущественно магматическое (оливин, пироксены, полевые шпаты). Они также характерны для пегматитов (слюды, турмалин, берилл и др.). Широко распространены силикаты и алюмосиликаты в метаморфических породах - гранаты, дистен, хлорит, тальк, асбест и др. Силикаты экзогенного происхождения представляют собой обычно продукты выветривания эндогенных минералов - каолинит, глауконит, хризоколла.

Важность изучения силикатов определяется тем, что многие из них являются пороодообразующими минералами подавляющего большинства горных пород. Кроме того многие из них являются ценными полезными ископаемыми, прежде всего нерудными (асбест, тальк, слюды, каолин, керамическое и огнеупорное сырье, строительные материалы). Силикаты являются также рудами на бериллий, литий, цезий, цирконий, никель, кобальт, редкие земли. Кроме того многие являются драгоценными, полудрагоценными и поделочными камнями (изумруд, турмалин, топаз, нефрит, родонит).

Вопросы на закрепление темы:

- 1) По каким диагностическим признакам легко отличить сульфиды от других минералов?
- 2) Какие минералы обладают особыми свойствами?
- 3) Какие из минералов относятся к рудам цветных и черных металлов?
- 4) Какой из подклассов силикатов является более сложным по строению? Как это отражается на его диагностических свойствах?

ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ

4.1. Методические рекомендации по использованию таблицы для определения минералов

При определении минералов используются в основном внешние признаки и физические свойства, а также характерная ассоциация минералов-спутников. Внимательно прочитайте информацию об основных способах определения или оценки важнейших физических свойств минералов. Для определения названия минерала необходимо выявить диагностические признаки, указанные в табл. 4, записывая последовательно в строку цифры, соответствующие каждому признаку. Диагностические признаки и их нумерация предваряют таблицу.

Некоторые пояснения к порядку работы:

Определить приблизительно твердость минерала с помощью заменителей шкалы Мооса. Минерал попадает в одну из четырех категорий - I-IV. В дальнейшем название определяемого минерала следует искать только в той категории, в которую он попал. Определить твердость минерала более точно - по шкале Мооса. Это значит ограничить число «подозреваемых» минералов.

В колонках 3, 4, 5 у некоторых минералов стоит две или более цифры. Это означает, что минерал бывает окрашен в разные цвета, имеет различные черты и блеск. В этом случае избирается номер признака, характерный для определяемого индивида.

В колонке 7 - особые свойства - также несколько цифр. У определяемого минерала должны быть обнаружены все эти признаки. Если определяемый индивид представлен кристаллом или его обломком, то цифры колонки 9 не учитываются. В случае, если минерал определяется в агрегате, не учитываются цифры в колонке 8. Определив название минерала по совпадению набора цифр записи и в таблице, прочтите подробно его описание в справочнике или в учебнике, проверьте правильность у преподавателя. Формулы и сингонии минералов указаны в табл. 5.

Пример: набор цифр 46131 соответствует флюориту (в табл. 4 - №33). Набор 46133 также соответствует флюориту, но в первом случае определяется минерал в кристалле, а во втором - в зернистом агрегате.

В случае неправильности определения минерала, просмотрите диагностические свойства у соседних по таблице минералов, обращая внимание на особые свойства. Еще раз проверьте правильность определения всех диагностических свойств, консультируясь у преподавателя. Можно также определить свойства, не включенные в таблицу (излом, прозрачность, плотность и др.), и попытаться определить минерал по более подробному определителю.

Оборудование, необходимое для определения минералов

1. Шкалы Мооса
2. Предметные стекла
3. Фарфоровые бисквиты
4. Молотки
5. Ступки с пестиками
6. Компас
7. Спиртовка
8. Спички
9. Пинцеты
10. Пробирки
11. Соляная кислота (HCl, 10%)

12. Пипетка
13. Вода
14. Лупы
15. Справочники и учебники.

4.2. Диагностические свойства минералов

Твердость по знаменателю

- I- Мягкие (царапаются ногтем)
- II- Средней твердости (не царапаются ногтем, не царапают стекло)
- III- Твердые (царапают стекло, не царапают напильник или кварц)
- IV- Очень твердые (царапают напильник или кварц)

Цвет (колонка 3)

1. Бесцветный
2. Белый, светло-серый
3. Желтый
- 3а. Лимонно-желтый
- 3б. Яично-желтый
- 3в. Золотисто-желтый
- 3г. Оранжево-желтый
- 3д. Латунно-желтый
4. Бурый, коричневый
5. Красный, розовый
6. Зеленый
- ба. Бледно-зеленый
- бб. Ярко-зеленый
- бв. Темно-зеленый
- бг. Оливково-зеленый
- бд. Голубовато-зеленый
7. Голубой
8. Синий
9. Сиреневый, фиолетовый
10. Стально-серый, светло-серый, темно-серый
11. Свинцово-серый
12. Черный
13. Железисто-черный
14. Бархатно-черный
15. Многоцветный (пятна или полосы разного цвета)

Цвет черты (колонка 4)

1. Бесцветная, белая
2. Желтая
3. Бурая
4. Красная
- 4а Вишнево-красная
5. Серая
6. Черная
7. Зеленая
8. Синяя

Блеск (колонка 5)

1. Металлический
2. Полуметаллический
3. Стекланный
4. Шелковистый
5. Перламутровый
6. Восковой
7. Жирный
8. Матовый
9. Смолистый
10. Алмазный

Спайность (колонка 6)

1. Весьма совершенная
2. Совершенная
3. Средняя
4. Несовершенная
5. Отсутствует

Особые свойства минералов (колонка 7)

1. Магнитен
2. Жирен на ощупь
3. Имеет соленый вкус
4. Имеет горький вкус
5. Растворяется в воде
6. Горюч
7. Штрихи на гранях
- 7а. Перпендикулярно соседним граням
- 7б. Продольные
8. Побежалость
9. Иризация
10. Реагирует с HCl (бурно с холодной)
- 10а. Реагирует с HCl (без шипения с холодной)
11. Реагирует с HCl (подогретой)
12. Хрупкий
13. Гибкий
14. Запах глины
15. Пишет на бумаге
16. Тяжелый
17. Наличие черных пятен и прожилков

Морфологический тип кристалла (колонка 8)

1. Изометрический
2. Вытянутый
3. Уплощенный

Форма агрегатов (колонка 9)

1. Друза
2. Щетка

3. Зернистые массы
4. Листоватые, чешуйчатые
5. Волокнистые, игольчатые
6. Радиально-лучистые
7. Землистые сплошные массы
8. Плотные массы
9. Секреция
10. Жеода
11. Конкреция, оолиты
12. Сталактиты, сталагмиты, почки
13. Примазки

Таблица 4

Таблица для определения минералов

№ п/п	Твер- дость по шкале Мооса	Цвет	Цвет черты	Блеск	Спай- ность	Осо- бые свой- ства	Мор- фоло- гиче- ский тип кри- стал- лов	Форма агре- гатов	Назва- ние ми- нералов
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Мягкие									
1	1	1	1	5	1	2	3	4 8	<i>Тальк</i>
2	1	11 12	5	1	1	2 15	3	4 5 8	Молибде- нит
3	1-1,5	3 5	2	10 9 7	4	6 12	2	3 7	Сера
4	1,5-2	3	2	9 10	1		3	4 5	Аури- пигмент
5	1-2	3 5	2 3	10	2	76	2	3	Реальгар
6	2	10	6	2	2	2 15	3	4 5 8	Графит
7	2	1	1	3 5	1	12	3	1 3	Гипс
8	2	1	1	3	2	3 5	1	3	<i>Галит</i>
9	2	1	1	3	2	4 5	1	3	<i>Сильвин</i>
10	2	1	1	8	1	14	3	7	<i>Каолинит</i>
11	2	1	1	4			2	5	Селенит
12	2-2,5	1	1	5	1	13	3	4	<i>Мусковит</i>
13	2-2,5	7	7	5 3	1		3	4	<i>Хлорит</i>
14	2-2,5	3в	1	4	1		2	5	Асбест
II. Средней твердости									

15	2,5-3	11	5	1	2	76	2	3 6	Антимонит
16	2,5	5	4	10	2		3	8	Киноварь
17	2,5-3	12	1 7	5 3	1		3	4	Биотит
18	2,5-3	6а 6в	1	4 6	1	17		6 8	Серпентин
19	2,5-3	4 5	2 3	8	1	14		11 7 8	Боксит
20	2-3	11	5 6	1	1		1	3 8	Галенит
21	3	1 2	1	3	1	10	1 2	2 3 12	Кальцит
22	3-3,5	1 2	1	3	2	16	3	3 7	Барит
23	3-3,5	1 2	1	3	2		3	3 5 7	Ангидрит
24	3,5-4	2	1	3	2	10а	1	3 8	Доломит
25	3,5-4	66	7	4 8 3	2	10 17	2	6 12 8 3	Малахит
26	3,5-4	2 3 4	1 3	3	2	11	1	3 8	Сидерит
27	3,5-4	8	8	3	2	10		6 3 13	Азурит
28	3-4	5	5 7	2	4	8	1	8	Борнит
29	3-4	3	6 7	1	4	8	1	8	Халькопирит
30	3-4	4 5 12	1	10	2		1	8	Сфалерит
31	3-4	10	6	1 2			1	8	Блеклая руда
32	4-4,5	1 2 3 10	1	3 4 8	2	11	1	7	Магnezит
33	4	6 7 9 15	1	3	1		1	3 7	Флюорит
34	5	6а 6д	1	3	4		2	3	Апатит
35	5	2 3 12	1	3 8				11 8	Фосфорит
Твердые									
36	5-5,5	7	1	3	4		1	3	Лазурит

		8							
37	5-5,5	5	1	3 5	2	17	2	8	Родонит
38	5-5,5	3 4	2 3	8 3 4	5			7 8 10 12	Лимонит
39	5-5,5	4	2 3	4 8 10	2			6 7 12	Гегит
40	5,5	13	6	2	4	1	1	3 8	Магнетит
41	5,5	13	3	2	5		1	8	Хромит
42	5-6	14	6	2	5		2	7 8	Пиролозит
43	5,5-6	12 4 5	4a	2	5		3	8 7	Гематит
44	5-6	10 13	6 3	2	5		3	3 8	Ильменит
45	5-6	12 6	1	3	2		2	3	<i>Пироксен</i>
46	5-8	12 6в	1	3	2		2	3	<i>Роговая обманка</i>
47	5,5-6	3 4	1	7	4 5		2 3	3	<i>Нефелин</i>
48	5,5-6	6a 6в	1	3 8	4			8	Нефрит
49	5-6	6a 6в	1	3 4	2		2	6	Актинолит
50	5,5-6	1 2 3 4 5 6 15	1	6 8	5			9 8	Халцедон
51	5-6	1 2 3 4 6 7 12	1	1 6 8	5			9 8 12	Опал
52	6	2	1	3	2		2 3	1	<i>Альбит</i>
53	6	2 3 5	1	3	1 2		2 3	3	<i>Микроклин</i>
54	6	2	1	3	2		2 3	3	<i>Ортоклаз</i>
55	6	6a 6б	1	3	2		2 3	3	<i>Амазонит</i>
56	6	10	1	3	2	9	2 3	3	<i>Лабрадор</i>
57	6-6,5	3д	6	1	4	7a	1	1	Пирит

			7					3 8	
58	6-7	6г	1	3	2		2	3	Эпидот
59	6-7	6в 6г 10 12	1	3	4		2	3	Оливин
60	7	1	1	3	5	7а	2	1 2	Горный
61	7	2	1	3	5			3 8	Кварц молочно- белый
62	7	9	1	3	5		2	1 2	Аметист
63	7	12	1	3	5		3	1 2	Морион
IV. Очень твердые									
64	7-7,5	4 5 6	1	3	5		1	3	Гранат
65	7,5	13 6 5 3	1	3	5		2	6	Турмалин
66	7-8	6 5 3 2	1	3	4		2	1 3 5 8	Берилл
67	7,5-8	4	1	3	4		2		Циркон
68	8	1 3 7	1	3	2		3	3	Топаз
69	9	1 2 5 8	1	3	5		2	2 3	Корунд
70	10	1	1	10	2		1		Алмаз

Таблица 5

Химические формулы и сингонии минералов, включенных в определитель.

Минерал	Химическая формула	Сингония	Номер в определителе
1	2	3	4
Самородные минералы			
Сера	S	Ромб	3
Графит	C	Гекс	6
Алмаз	C	Куб	70
Сульфиды			
Молибденит	MoS ₂	Гекс	2
Аурипигмент	As ₂ S ₃	Мон	4
Реальгар	AsS	Мон	5
Антимонит	Sb ₂ S ₃	Ромб	15
Киноварь	HgS	Триг	16

Галенит	PbS	Куб	20
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	Куб	28
Халькопирит	CuFeS ₂	Тетр	29
Сфалерит	ZnS	Куб	30
Блеклая руда	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃		31
Пирит	FeS ₂	Куб	57
Оксиды и гидроксиды			
Магнетит	Fe ₃ O ₄	Куб	40
Хромит	FeCr ₂ O ₄	Куб	41
Пиролюзит	MnO ₂	Тетр	42
Гематит	Fe ₂ O ₃	Триг	43
Ильменит	FeTiO ₃	Триг	44
Халцедон	SiO ₂	Полукр	50
Горный хрусталь	SiO ₂	Триг	60
Кварц молочно-белый	SiO ₂	Триг	61
Аметист	SiO ₂	Триг	62
Морион	SiO ₂	Триг	63
Корунд	Al ₂ O ₃	Триг	69
Боксит	AlOOH - Al(OH) ₃	Ромб	19
Лимонит	HFeO ₂ · nH ₂ O	Ромб	38
Гетит	HFeO ₂	Ромб	39
Опал	SiO ₂ · H ₂ O	Аморф	51
Галогениды			
Галит	NaCl	Куб	8
Сильвин	KCl	Куб	9
Флюорит	CaF ₂	Куб	33
Карбонаты			
Кальцит	CaCO ₃	Триг	21
Магнезит	MgCO ₃	Триг	32
Доломит	CaMg(CO ₃) ₂	Триг	24
Малахит	Cu ₂ (CO ₃) · (OH) ₂	Мон	25
Сидерит	FeCO ₃	Триг	26
Азурит	Cu ₃ (CO ₃) ₂ (OH) ₂	Мон	27
Сульфаты			
Гипс	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Мон	7
Селенит	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Мон	11
Барит	BaSO ₄	Ромб	22
Ангидрит	CaSO ₄	Ромб	23
Фосфаты			
Апатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,Cl,OH)	Гекс	34
Фосфорит	Смесь апатита с глиной		35
Силикаты и алюмосиликаты			
Тальк	Mg ₃ (Si ₄ O ₁₀)(OH) ₂	Мон	1
Каолинит	Al ₂ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄	Мон	10
Мусковит	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH,F) ₂	Мон	12
Хлорит	(Mg,Fe) ₅ (Al,Si ₃ O ₁₀)(OH) ₈	Мон	13
Асбест	Mg ₅ (Si ₄ O ₁₁)(OH) ₆ · H ₂ O	Мон	14
Биотит	K(Mg, Fe)(Si ₃ AlO ₁₀)(OH,F) ₂	Мон	17
Сerpентин	Mg(Si ₄ O ₁₀)(OH) ₈	Мон	18

Лазурит	$\text{Na}_3\text{Ca}(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4 \text{ S}_2)$	Куб	36
Родонит	$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	Трикл	37
Пироксен	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{SiAl}_2)\text{O}_6$	Мон	45
Роговая обманка	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Al}, \text{Fe})$ $((\text{SiAl})_4\text{O}_{11})_2\text{OH}_2$	Мон	46
Нефелин	$\text{Na}, \text{K}(\text{AlSiO}_4)$	Гекс	47
Нефрит	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Si}_{40}_{11})_2(\text{OH})_2$	Мон	48
Актинолит	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Si}_{40}_{11})_2(\text{OH})_2$	Мон	49
Альбит	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Мон	52
Микроклин	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Трикл	53
Ортоклаз	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Мон	54
Амазонит	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	Трикл	55
Ламбрадор	$(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	Трикл	56
Эпидот	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	Мон	58
Оливин	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	Ромб	59
Гранат (пироп)	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Куб	64
Турмалин (шерл)	$\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$	Триг	65
Берилл	$\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$	Гекс	66
Циркон	$\text{Zr}(\text{SiO}_4)$	Тетр	67
Топаз	$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F}, \text{OH})_2$	Ромб	68

Таблица 6

Генезис минералов

Минералы	Магматические			Метаморфические		Осадочные	
	Собственно магматические	Пегматитовые	Гидротермальные	Контактовый	Региональный	Хемогенные	Биогенные
Самородные минералы							
Сера			+				
Графит	+	+	+	+	+		
Алмаз	+						
Сульфиды							
Молибденит			+				
Аурипигмент			+				
Реальгар			+				
Антимонит			+				
Киноварь			+	+			
Галенит			+	+			
Борнит		+	+	+			
Халькопирит			+	+		+	
Сфалерит			+	+			
Пирит		+	+			+	
Оксиды и гидроксиды							
Магнетит	+			+	+		
Хромит	+						
Пиролюзит						+	
Гематит			+	+	+	+	
Ильменит	+		+				
Халцедон			+				
Горный хрусталь		+	+				
Кварц молочно-белый	+	+	+				
Аметист			+				
Морион			+				
Корунд	+	+		+	+		
Боксит						+	
Лимонит			+			+	
Гетит			+				
Опал			+			+	
Галогениды							
Галит						+	
Сильвин						+	
Флюорит			+				
Карбонаты							
Кальцит			+			+	+
Магнезит			+			+	
Доломит			+			+	
Малахит						+	
Сидерит			+	+		+	

Азурит						+	
Сульфаты							
Гипс			+			+	
Селенит			+			+	
Барит			+			+	
Ангидрит			+			+	
Фосфаты							
Апатит	+					+	
Фосфорит						+	+
Силикаты и алюмосиликаты							
Тальк			+	+			
Каолинит			+		+	+	
Мусковит	+	+	+	+			
Хлорит			+	+			
Асбест			+	+			
Биотит	+	+		+			
Серпентин			+	+			
Лазурит				+			
Родонит			+	+	+		
Пироксен (авгит)	+	+					
Роговая обманка	+	+					
Нефелин	+		+				
Нефрит		+					
Актинолит			+	+			
Альбит	+						
Микроклин	+	+					
Ортоклаз	+	+					
Амазонит	+	+					
Ламбрадор	+	+					
Эпидот			+	+			
Оливин	+						
Гранат				+			
Турмалин		+	+				
Берилл		+					
Циркон	+	+					
Топаз		+	+				

Вопросы на закрепление темы:

1. По каким диагностическим признакам отличаются классы минералов?
2. Какие определенные вами минералы обладают особыми свойствами?
3. Какие из определенных вами минералов относятся к рудам цветных и черных металлов? Какие из них добываются на Урале?
4. Представители какого класса наиболее широко представлены на Урале и в Свердловской области? С чем это связано?

Глава 5. ПЕТРОГРАФИЯ

5.1. Предмет и методы петрографии

Литосфера – твердая оболочка Земли, состоящая из земной коры и верхней мантии, сложена разнообразными по составу и происхождению горными породами. Горные породы – природные сочетания минералов, относительно постоянного химического состава, которые образуют самостоятельные геологические тела, слагающие земную кору. В состав горных пород входит один или несколько минералов. Породы, состоящие из многих зерен одного минерала, называются *мономинеральными* (от греч. «моно» – один; например, мрамор состоит из кальцита), породы, состоящие из скопления зерен нескольких минералов, называют *полиминеральными* (от греч. «поли» – много; например, гранит состоит из зерен полевых шпатов, кварца, чешуек биотита и мусковита). Изучением горных пород занимается наука петрография («петро» – камень, скала, «графо» – описание).

Для изучения горных пород применяются макроскопический, микроскопический, химический, микрохимический, гранулометрический и многие другие методы. В нашей практике используется только первый из них.

Макроскопический метод – это определение названия горной породы по ее внешнему виду, т.е. минеральному составу, структуре и текстуре, видимым невооруженным глазом или с помощью лупы. Такое определение проводится специалистами-геологами в полевых условиях при геологических съемках и документации горных выработок. Правильное определение названия горной породы имеет большое значение для постановки поисков полезных ископаемых, так как с каждым конкретным генетическим типом горных пород связаны определенные полезные ископаемые, да и сами горные породы являются ценными полезными ископаемыми (гранит, мрамор, боксит, каменная соль, уголь и т.д.). Кроме прямого практического значения знание состава и генезиса горных пород необходимо для исследования геологической истории изучаемого района, для понимания его тектоники (от греч. «тектоникос» – относящийся к строительству: наука о закономерностях движений земной коры, ее строении) и геоморфологии (от греч. ге+морфо+логос — наука о формах и процессах формирования рельефа). Каждая горная порода образуется в определенных физико-химических условиях. По происхождению горные породы подразделяются на: осадочные, магматические и метаморфические. Первичными горными породами являются магматические, остальные две группы пород образовались из них путем разнообразных изменений, за исключением органогенных осадочных пород, связанных с живым веществом. Магматические и метаморфические составляют более 90 % массы земной коры, остальные 10% приходится на долю осадочных пород. Вместе с тем осадочные горные породы покрывают 75% площади земной поверхности.

5.2. Минеральный состав и строение горных пород

Минералы, из которых в основном состоит горная порода, называют *породообразующими*. Минералы, которые содержатся в породе в небольших количествах, являются *второстепенными*. Их присутствие не влияет на характеристику основных свойств породы. Минералы, которые встречаются в горных породах в ничтожных количествах, называются *акцессорными*. Определение их в горной породе важно, так как они несут информацию об условиях образования горной породы, некоторые из них используются для определения возраста пород (например, циркон в гранитах), другие являются ценными полезными ископаемыми (платина в дунитах).

Общий минеральный состав земной коры (в %) выражается следующими цифрами:

Полевые шпаты	57,9
Железисто-магнезиальные силикаты	16,8
Кварц	12,6
Слюды	3,6
Кальцит	1,5
Глинистые минералы	1,1
Прочие	6,5

В горной породе, в зависимости от происхождения, преобладают те или иные минералы. В магматических это силикаты, алюмосиликаты; в осадочных преобладают глинистые минералы, карбонаты, минералы кремнезема, сульфаты, хлориды; в метаморфических широко распространены слюды, тальк, полевые шпаты, кварц.

Горные породы обладают определенным строением, которое выражается понятиями **структура и текстура**.

Структура – это сами частицы, слагающие породу (состав, размер, форма, цементация). Рассматривается при увеличении или при лабораторном изучении.

Если порода состоит из кристаллических зерен, называют структуру *полнокристаллической*. При преобладании нераскристаллизовавшейся массы говорят о *стекловатой* или *аморфной* структуре. Если в стекловатую массу вкраплены кристаллические зерна (фенокристы или порфиновые вкрапленники), структуру называют *порфировой*. Если крупные кристаллические зерна вкраплены в мелкозернистую кристаллическую массу, структура называется *порфировидной*. Когда порода состоит из каких-либо обломков пород, говорят об *обломочной* структуре. Если доминируют полноценные органические остатки – *органогенная* структура, если раздробленные – *детритовая*.

Кристаллическая структура подразделяется по величине зерен: крупнозернистые - диаметр более 5 мм, среднезернистые от 5 до 2 мм, мелкозернистые - менее 2 мм. Если кристаллические зерна неразличимы невооруженным глазом, структура называется *афанитовая*, или *скрытокристаллическая*. При относительно одинаковых размерах зерен говорят о *равномернозернистой* структуре, в противном случае - о *неравномернозернистой*.

Текстура - это характер расположения частиц (кристаллических зерен, обломков и др.) в массиве породы. Выделяют *массивную*, *плотную* или *пористую* текстуры, *однородную*, *полосчатую* (у метаморфических и магматических пород), *слоистую* (у осадочных пород). Рассматривается в природе.

В основу **классификации** горных пород положен генетический признак. Каждая горная порода образуется в определенных физико-химических условиях. В соответствии с главными геологическими процессами, приводящими к их образованию, выделяют три типа пород: магматические, осадочные, метаморфические. Магматические породы (эндогенные, образовавшиеся в недрах Земли), являются первичными, остальные две группы пород образовались из них путем разнообразных изменений, за исключением органо-генных осадочных пород.

5.3. Магматические породы

Земля – в целом, твердое тело, несмотря на высокую температуру недр, достигающую уже на глубине 50 км 1500° С, при которой в поверхностных условиях вещество горных пород неминуемо было бы расплавлено. Этого не происходит благодаря огромному давлению, достигающему на той же глубине около 130 тыс. кг/см². Поэтому считается, что внутри Земли устанавливается определенное для разных глубин термодинамическое равновесие и любое нарушение этого равновесия (повышение температуры или уменьшение давления), должно сопровождаться переходом вещества в жидкое состояние, т. е. образованием магмы. Магматический расплав – это трехкомпонентная сис-

тема, состоящая из жидкости, газа и твердых кристаллов, количественные соотношения которых зависят от температуры, давления, состава газов и т. п. В зависимости от изменения этих параметров происходит и эволюция магмы. Главными или петрогенными компонентами магмы являются окислы: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O . По объему они составляют до 90–97%. На кристаллизацию тех или иных минералов из расплава большое влияние оказывают так называемые трансмагматические флюидные растворы, которые, проходя через магму, понижают или, наоборот, повышают температуру кристаллизации, изменяют вязкость и подвижность магмы (H_2 - водород, H_2O - вода, CO_2 , F_2 , В и др. летучие компоненты).

Первичная магма возникает в нижних частях земной коры и верхней мантии и имеет первоначальный однородный состав. По мере продвижения ее в верхние горизонты земной коры на фоне изменения внешних условий (падает или растет давление или температура или то и другое вместе) происходит эволюция магмы или магматическая дифференциация (разделение). Дифференциация магмы может происходить как в жидком состоянии (собственно магматическая или ликвационная дифференциация), так и в процессе ее раскристаллизации (кристаллизационная дифференциация). Магматическая (ликвационная) дифференциация выражается в том, что еще в жидком состоянии более тяжелые соединения опускаются, вызывая этим расслоение магмы.

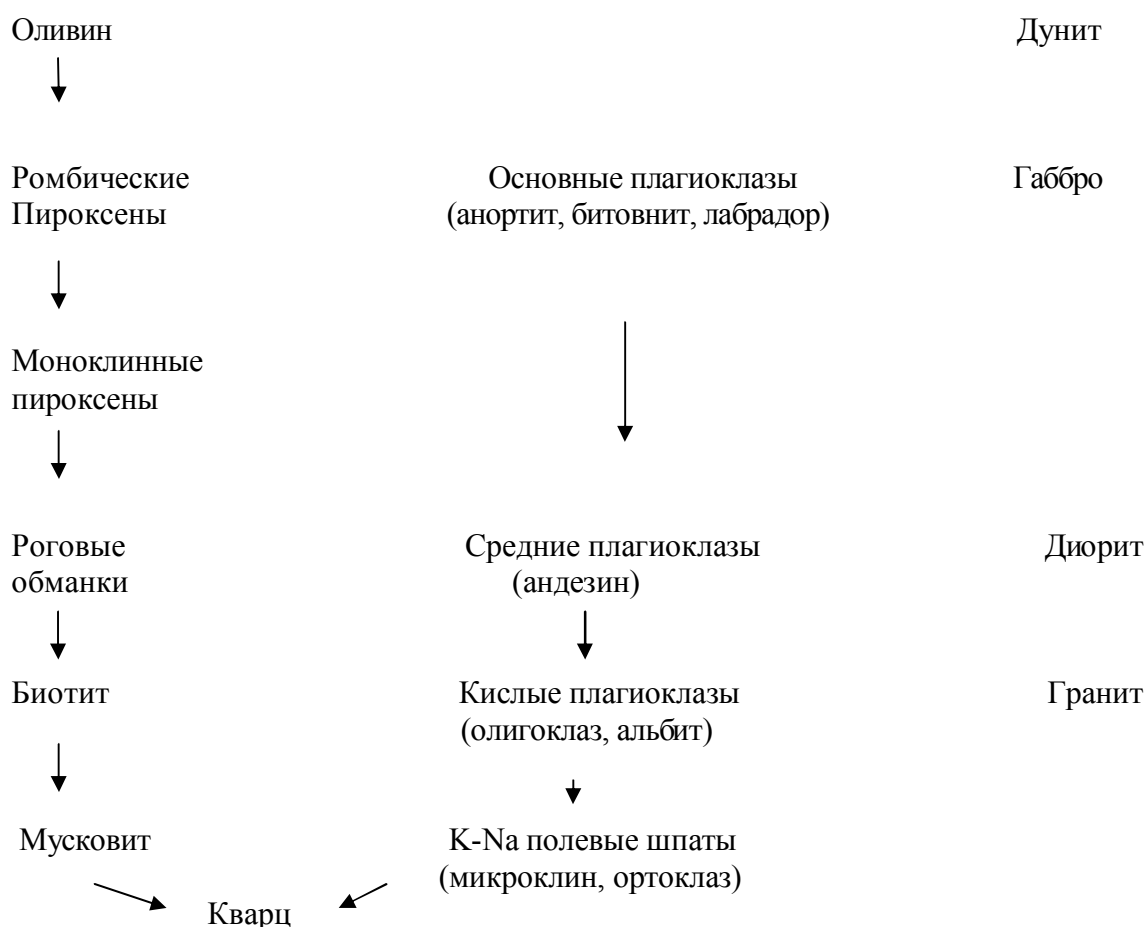
Однако более сложные и существенные изменения в составе магмы происходят в процессе ее кристаллизационной дифференциации, когда в результате постепенного остывания из нее выпадают минералы в виде кристаллов, которые внизу распределяются по плотности. Американский петрограф Н.Боуэн показал, что кристаллизация минералов из магмы происходит в последовательности двух реакционных рядов (схема 1). Первыми кристаллизуются наиболее тугоплавкие железисто-магнезиальные силикаты (оливин, пироксен) и кальций содержащие плагиоклазы (анортит, битовнит). Постепенно остаток магмы обогащается щелочными компонентами и кремнеземом, обедняется железом и магнием. Один ряд характеризует последовательную кристаллизацию железомagneзиальных силикатов от наиболее раннего оливина до биотита: оливин – ромбический пироксен – моноклинный пироксен – амфибол – биотит. Другой ряд представляет последовательную кристаллизацию минералов изоморфной группы плагиоклазов от анортита (точка плавления 1550°C) до альбита (точка плавления 1100°C): анортит – кальциево-натриевый плагиоклаз – натриево-кальциевый плагиоклаз – альбит.

В левой колонке ряда помещены темноцветные минералы, в правой – светлые. Минералы, находящиеся на одном горизонтальном уровне, кристаллизуются примерно при одинаковой температуре и давлении, образуя в определенных соотношениях друг с другом горные породы. Естественно, что процесс кристаллизации магмы зависит от конкретных физико-химических условий и проходит в природе не так идеально, как показано на схеме: она позволяет более легко запомнить минеральные ассоциации в породах.

В целом, данный процесс можно описать следующим образом:

- 1) Вначале выделяются кристаллы более высокотемпературных минералов (т. е. имеющих более высокую температуру плавления). К таким минералам относятся минералы, содержащие Mg, Fe, (оливин), минералы из групп пироксенов и амфиболов и др. При этом меняется состав расплава и его строение. Из однородного он становится расслоенным.
- 2) затем кристаллизуются и выпадают на дно более низкотемпературные минералы, богатые кремнеземом - калиевый полевошпат, кварц.
- 3) В заключительные фазы кристаллизации магма в большей или меньшей степени обогащается низкотемпературными газовой-жидкими компонентами (пары воды, металлы), становится очень подвижной и легко проникает по трещинам и разломам во вмещающие горные породы.

КРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫЙ РЯД БОУЭНА ПОРОДЫ:



В нижней части магматической камеры таким образом будут скапливаться более тяжелые минералы и образовывать так называемые ультраосновные и основные магматические горные породы, а в верхней части будут накапливаться более легкие минералы (кварц, полевые шпаты) и образовывать более кислые, более обогащенные летучими горные породы – граниты, сиениты. В средней же части камеры будут формироваться и накапливаться минералы, формирующие горные породы среднего состава – габбро и диориты.

С последней стадией кристаллизационной дифференциации связано проявление пегматитового, пневматолитового и гидротермального процессов (см. главу 3.1).

Пегматитовый процесс приводит к образованию крупнокристаллических горных пород (пегматитов) в виде жил, гнезд, линз, даек во вмещающих горных породах. Чаще всего пегматиты состоят из калиевого полевого шпата, кварца, слюды, амфиболов.

Пневматолитовый процесс (pneuma — дуновение, пар, газ) проявляется на контакте внедрившейся магмы с вмещающими породами и выражается в том, что летучие (газовые) компоненты, выделенные из магмы, либо кристаллизуются в контактовой зоне, либо вызывают метасоматоз — замещение привнесенными минеральными соединениями минералов контактовой зоны.

Гидротермальный процесс (древнегреч. hudor — вода) выражается в проникновении в трещины вмещающих пород горячих водных растворов и образовании в них минеральных отложений; возникновении так называемых гидротермальных жил.

На состав образующихся из магмы изверженных горных пород большое влияние оказывает процесс ассимиляции или магматического замещения, который представляет собой расплавление и усвоение поднимающейся магмой боковых или вмещающих пород. На больших глубинах, где зарождается магма, она может перемещаться только расплавляя или замещая те породы, которые там находятся. Этому процессу помогают и глубинные трансмагматические флюиды, которые реагируют с вмещающими породами, размягчая и растворяя их, приносят одни элементы и выносят другие, производя, таким образом, обмен с магмой. Породы, получающиеся из такой насыщенной, загрязненной магмы, называются гибридными.

Наиболее активно взаимодействуют с вмещающими породами магмы кислого и среднего состава, как наиболее насыщенные кремнекислотой. Вокруг этих пород (гранитов, диоритов, сиенитов) наиболее обширные ореолы измененных пород.

Магма возникает в локализованных участках при нарушении в их пределах термодинамического равновесия. Такие участки возникают в тектоносфере при тектонических движениях, образовании разломов и др. В них появляются магматические очаги, дальнейшее развитие которых в зависимости от условий и направленности тектонического процесса может ограничиться интрузивными формами или проявиться в виде вулканической деятельности. Оба вида магматизма (глубинный и поверхностный) являются различными формами единого процесса образования, движения и затвердевания магмы, протекающего в разных физико-химических условиях. Движение магмы к поверхности обусловлено, во-первых, гидростатическим давлением, а во-вторых, значительным увеличением объема вещества при уменьшении давления в поверхностных частях литосферы. Поступая в верхние горизонты литосферы или на ее поверхность, магма теряет летучие компоненты. Если давление снижается быстро (т.е. быстро осуществляется подъем магмы), то летучие вещества бурно выделяются и происходит вскипание магмы подобно тому, как бурно выделяется углекислый газ из газированной воды после откупоривания бутылки. Изливающаяся на поверхность магма, лишенная газов и паров, называется **лавой** (от итал. *lava* – затопляю). Предполагается, что на разных глубинах образуется магма неодинакового состава. По мнению японского петролога Х.Куно, сильно обогащенная оксидом кремния магма может возникать в земной коре континентов на глубине 20-30 км, при температуре от 650°C и выше. Магма, богатая магнием и железом, образуется при температуре в 2-3 раза выше и уже вне земной коры, в мантии (в пределах астеносферы), на глубине от 100 до 400 км. Используя мощные глубинные разломы, магма внедряется в более высокие участки, где возникают магматические резервуары. Характер движения и глубина застывания магмы являются весьма важными показателями магматического процесса. Поэтому выделяют две его формы. В случае быстрого подъема магмы и излияния ее на поверхность говорят об **эффузивном магматизме** (от лат. *effusio* – излияние). Эффузивный магматизм также называется **вулканизмом**. Процесс, при котором внедряющаяся магма не достигает поверхности и застывает на той или иной глубине, называют **интрузивным магматизмом** (от лат. *intrusio* – внедрение). Образовавшиеся таким путем тела называются интрузивными телами, интрузиями, или интрузивами. Они разделяются на две группы: глубинные массивы и инъекционные тела. Интрузивный и эффузивный магматизм резко различаются по своим внешним проявлениям и по строению и петрографическому составу возникающих горных пород.

5.4. Интрузивные массивы

Батолит (от греч. *batos* – глубина, *litos* – камень) – это очень крупное магматическое тело, уходящее на большую глубину (рис. 23). Батолиты чаще всего располагаются в центральных частях горно-складчатых сооружений и простираются на сотни километров. Площадь, занимаемая выходом батолита, иногда составляет десятки и сотни тысяч квадратных километров. Батолиты обычно сложены высококремнистыми магма-

тическими породами – гранитами, гранодиоритами, реже сиенитами. Батолиты располагаются вглубь не более чем на 10 км. От них часто отходят **апофизы** – более мелкие червеобразные и ветвящиеся интрузивы (от греч. *Apophysis*- отросток).

Образование крупных батолитов трактуется разными учеными неоднозначно. Согласно мнению одних исследователей батолиты образуются в результате поднятия крупных масс магмы, которая обрушивается и расплавляет горные породы, ассимилируя их. Другие ученые полагают, что крупные батолиты образовались главным образом за счет процесса гранитизации осадочных и других горных пород. Этот процесс связывают с восходящими (по крупным трещинам и разломам) потоками магматических флюидов. Высокотемпературные флюиды глубинного происхождения проникают по трещинам и разломам земной коры из верхней мантии в результате ее дегазации. Проникшие флюиды в условиях высокой температуры и огромного давления способствуют расплавлению горных пород, их переработке, и изменению состава. Большое значение при этом играют подвижные компоненты - вода, углекислота, калий, натрий и др. В итоге образуются минералы, из которых состоят граниты.

Штоки (нем. stock – палка, форма для шапок) – столбообразные интрузивы изометричной формы в плане, площадью менее 100-150 кв. км с крутыми контактами. Глубинные магматические тела сравнительно с батолитами небольших размеров, неправильной формы, близкой к цилиндрической (рис. 23). Они обычно приурочены к зонам повышенной трещиноватости, к узлам пересечения различных тектонических трещин. Их размеры также различны, местами достигают десятка и более километров в диаметре. Площадь их не более 100-200 км². Штоки нарушают, деформируют вмещающие породы и сами состоят из горных пород разного состава.

В зависимости от глубины формирования или застывания интрузивные массивы подразделяются на приповерхностные или субвулканические (до первых сотен метров); среднеглубинные или гипабиссальные (до 1-1,5 км); глубинные или абиссальные (глубже 1-1,5 км).

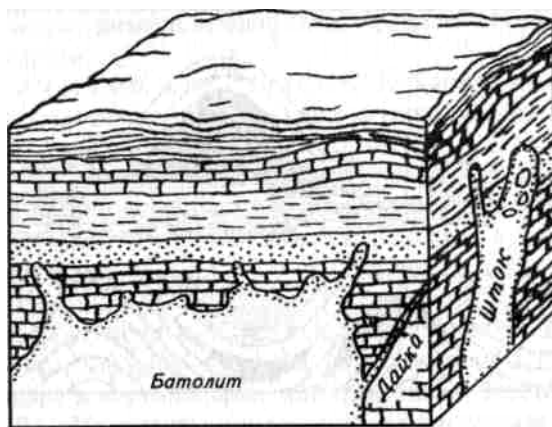


Рис. 23. Глубинные интрузивы: батолит и шток

Инъекционные магматические тела образуются в результате внедрения магмы под давлением и по сравнению с глубинными интрузивными телами имеют небольшие размеры. По соотношению с вмещающими горными породами они делятся на согласные и несогласные, секущие под различными углами вмещающие горные породы. К согласным относятся силлы (пластовые интрузии), лакколиты, лополиты, факолиты. К несогласным (секущим) – дайки, некки.

Согласные инъекционные тела.

Силлы (рис.24,1) образуются путем внедрения главным образом основной магмы вдоль поверхностей напластования осадочных пород на небольшой глубине. Они как бы раздвигают слои вмещающих пород, внедряясь по их контактовым поверхностям, что связано с

расклинивающим действием пород и газов магмы. Эти межслойные пластообразные интрузии могут быть единичными, но нередко в одном и том же геологическом разрезе наблюдается несколько таких интрузивных тел, чередующихся со слоями вмещающих пород. Хорошо известны пластовые интрузии (силлы) Сибирской платформы и силлы рудоносных интрузий Норильска (никель и медь), перемежающиеся с породами триасовой и пермской систем. В этом чередовании участвуют и эффузивные покровы, возникшие в результате неоднократных трещинных извержений основной лавы и образующие мощную, так называемую трапповую формацию (траппы — общее название гипабиссальных полуглубинных и эффузивных горных пород основного состава, развитых на платформе).

Лакколиты (от греч. *lakkos* — цистерна, бассейн, яма) представляют собой грибообразные, или караваеобразные, интрузии диаметром от сотен метров до 5-6 км и более (рис. 24,3). Шляпка лакколитов растет за счет высокой вязкости магмы как правило среднего или кислого состава. Их верхняя поверхность выпуклая, нижняя более или менее плоская, и к ней подходят подводящие каналы. В их формировании участвуют кислые и средние магмы, местами щелочные. Покрывающие их слои горных пород механически нарушаются, они изгибаются, принимают форму контуров лакколитов.

Лополиты (от греч. *loras* — чаша) — перевернутые лакколиты. Представляют собой межпластовые интрузивные тела блюдцеобразной формы, состоящие преимущественно из пород основного состава (рис. 24,2). Местами они достигают очень больших размеров, как, например, лополит Бушвельда в Южной Африке длиной свыше 300 км и Сёдбери (Канада). Важнейшие источники хрома, платиноидов, никеля, меди.

Факолиты (от греч. *Phakos* — чечевица) — линзовидные тела, располагающиеся в сводах или замках складок, согласно с вмещающими породами. Относительно небольшие тела преимущественно основного состава, образующиеся в сводовых частях складок (рис. 24, 4). Они имеют чечевицеобразную, а в разрезе серповидную форму.

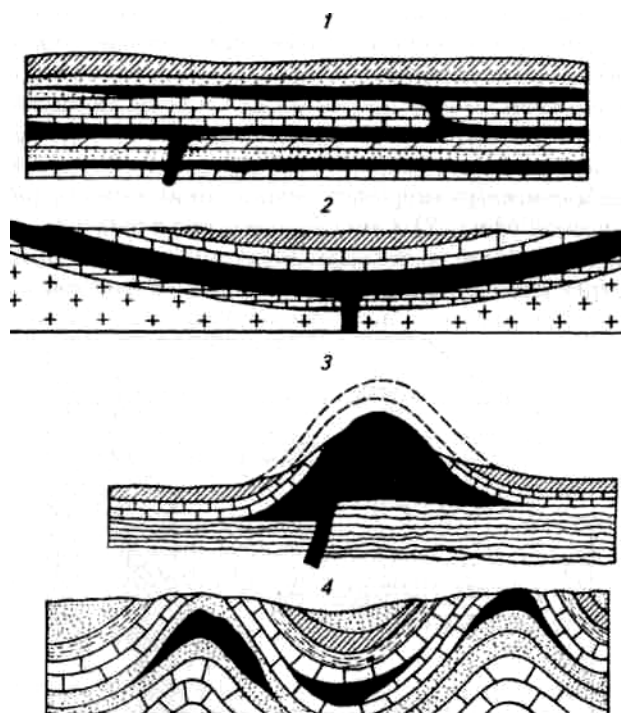


Рис.24. Распространенные инъекционные тела:
1 - силлы; 2 - лополит; 3 - лакколит; 4 - факолиты

Несогласные инъекционные тела. Среди них также выделяется несколько форм.

Некки (от англ. *neck* — шея), или вулканические жерловины, являющиеся частью древних вулканических аппаратов центрального типа. Они заполнены застывшей магмой, иногда содержащей обломочный материал. В некоторых случаях некки почти целиком

заполнены вулканическим обломочным материалом, особенно в верхней части, который ниже может переходить в застывшую магму. Диаметр округлых или овальных некков от нескольких метров до 1-1,5 км.

Дайки (от шотл. *dyke* — стена) представляют собой плоские плитообразные магматические тела, длина которых во много раз больше ширины, плоскости контактов практически параллельны. Образуются в результате внедрения магмы в вертикальные или наклонные трещины в земной коре (рис. 25). Их слагают породы различного состава, от ультраосновных до кислых с преобладанием основных. Мощность (толщина) даек колеблется от нескольких сантиметров до десятков, иногда сотен метров и даже километров. Длина их также различна: от десятков метров до десятков километров, редко до сотен километров. Крупнейшие из известных – Великая дайка Родезии в Африке (Зимбабве), длиной 540 км и шириной от 3 до 13 км, и дайка «Биннеринги» в Австралии (простирается на 300 км и имеет мощность более 3 км).

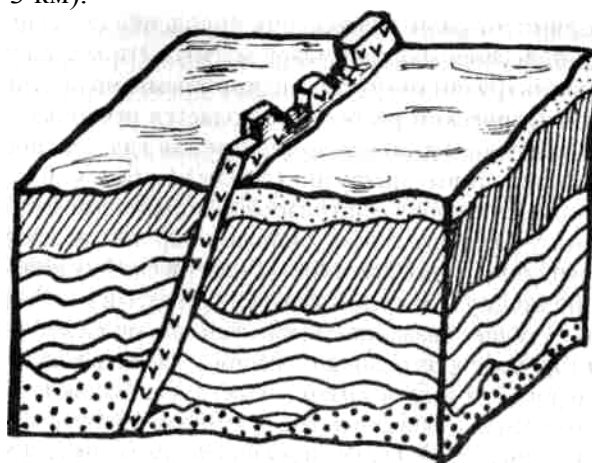


Рис.25. Дайка, приуроченная к трещине плоскости разрыва в толще горных пород

Дайки часто располагаются группами. Часто наблюдаются параллельные серии даек, что может указывать на значительные амплитуды растяжения земной коры. Например, на одном участке в Шотландии длиной 1,6 км было установлено 115 таких параллельных даек. Иногда наблюдаются серии параллельных полудаяк, что может указывать на значительные амплитуды растяжения земной коры, раздвижение ее отдельных блоков в стороны как, например в срединно-океанических хребтах, где наблюдаются базальтовые серии параллельных даек. Дайки могут быть кольцевыми, образуемые вокруг какого-то объекта (интрузивного массива, вулкана). Диаметр таких колец может достигать 5 км. Дайки могут быть и радиальными, расходящимися в разные стороны от какого-нибудь центра.

В отличие от даек имеются трещинные интрузии не столь правильной формы с различными изгибами, ответвлениями, отличающиеся невыдержанной мощностью. Такие трещинные интрузивы называют **магматическими жилами**. В этих жилах встречаются самые различные породы, но чаще основного состава.

Батолиты и штоки – это абиссальные интрузивы. Дайки являются приповерхностными структурами, т. к. выполняют хрупкие трещины, которые образуются в холодных близповерхностных условиях.

Граниты, залегающие на месте образования (кристаллизации и застывания) и преобразования магмы называют автохтонными, а граниты и интрузивы, которые застыли далеко от места возникновения магмы их породившей называют аллохтонными. Глубинные породы чаще обладают хорошо раскристаллизованной, крупнокристаллической или полнокристаллической структурой, а приповерхностные – мелкозернистой или порфировой, очень похожей на структуру излившихся или эффузивных пород.

Магматические породы не имеют плоскостей напластования и не содержат окаменевших ископаемых. В основном, они довольно стойки к эрозии и в рельефе часто об-

разуют возвышенности. Все магматические породы имеют кристаллическую структуру, отличаясь размером и химическим составом минеральных агрегатов. Чем интенсивнее идет процесс охлаждения, тем меньше размер кристаллов, из которых состоит порода.

В основе классификации магматических пород лежит **химический состав** и, прежде всего, содержание **диоксида кремния**, по которому интрузивные породы и их эффузивы условно делят на пять групп:

Таблица 7

Классификация магматических пород по химическому составу и происхождению

Нормальный ряд (по содержанию SiO_2)	интрузивные	Жильные, гипабиссальные	эффузивные
ультраосновные (SiO_2) менее 45%	дунит перидотит	лампроиты кимберлиты	пикрит (очень редки) кимберлит
Основные (SiO_2) 45-52%	Пироксенит габбро Горнблендит лабрадорит	Габбро Порфирит диабаз	базальты
Средние (SiO_2) 52-65%	диорит Сиенит Нефелиновый сиенит	Порфирит Сиенит-порфир полевошпатовый порфир	андезиты Трахит Фонолит
Кислые (SiO_2) 65-70%	гранит	кварцевый порфир Аплит	риолит обсидиан Липарит Пемза
Ультракислые > 75%	пегматит		

Без проведения химического анализа степень кислотности по роды, т.е. содержание SiO_2 , можно приблизительно определить по окраске, которая зависит от минерального состава. Ультраосновные породы, состоящие из темноцветных минералов, темные; кислые породы, содержащие кварц, - светлые; основные и средние породы имеют промежуточную серую и пеструю окраску. С этим же связано увеличение плотности пород: от кислых (2,58) к ультраосновным (до 3,4).

Щелочные породы (по содержанию $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$): сиениты (эффузивный аналог – трахиты) и карбонатиты. Сиениты – породы, похожие на гранит, но почти или не содержащие кварца. Карбонатиты – магматические тела (воронкообразные, расслоенные), сложенные кальцитом, доломитом, биотитом и пространственно - генетически связанные с интрузиями ультраосновного щелочного состава, формирующимися в обстановке платформенной активизации. Определить, в каких условиях образовалась магматическая горная порода, можно по структуре и текстуре (табл. 8, 9).

Таблица 8

Структуры магматических горных пород

По степени кристалличности	По относительному размеру зерен	По абсолютному размеру зерен	По форме срастания минералов	Отличительные признаки	Породы
Полнокристаллическая	Равномернозернистая	Крупнозернистая (более 5 мм). Среднезернистая (2-5мм) Мелкозернистая (менее 2 мм)		Все вещество породы состоит из кристаллов одинаковых размеров	Интрузивные
	Неравномернозернистая (порфировидная)			На фоне м.з. или с.з. массы крупные кристаллы	Интрузивные Гипабиссальные (полуглубинные)
		Гигантозернистая	Пегматитовая	Прорастание полевого шпата кварцем	Жильные
Неполнокристаллическая	Порфировая			На фоне стекловатой массы хорошо видны кристаллы (вкрапленники)	Эффузивные Жильные
Стекловатая				Все вещество породы аморфно- или скрытокристаллическое	Эффузивные

Таблица 9

Текстуры магматических горных пород

Текстура	Характерные признаки	Породы
Массивная	Беспорядочное расположение минералов. На всех гранях куба, вырезанного из породы, рисунок одинаков	Преимущественно интрузивные
Пятнистая	Темные и светлые минералы образуют скопления в виде пятен. Грани куба могут быть разного цвета	
Полосчатая	Чередование светлых и темных полос	
Флюидальная	Видны следы течения лавы	Эффузивные
Пузыристая	Наличие пустот от пузырьков газов	
Миндалекаменная	Пустоты заполнены вторичными минералами	

5.5. Определение магматических горных пород

Для определения магматических горных пород без микроскопа необходимо последовательно определить цвет, структуру, текстуру и минеральный состав породы. В таблице 10 проставить или процентное содержание или крестики (+) минералов, имеющих в изучаемой породе. Если минералы не видны, отметьте в разделе таблицы против всех породообразующих минералов «аморфное вещество» или «стекло». В случае, когда на фоне стекла имеются включения кристаллов минералов, поставьте крестики против этих минералов и напишите «на фоне стекла».

Таблица 10

Пример определения магматических горных пород разной структуры

№ пп	Цвет	Структура	Текстура	Минеральный состав							Название породы
				Олив ин	Пи- рок- сен	Рог. обм.	Био- тит	Мус- ковит	Поле- вой шпат	Кварц	
1	Серый	Полно- кристал- лическая средне- зернистая	Массив- ная				5% +	2% или +	58% +	35% +	Гранит
2	Свет- ло- серый	Неполно- кристал- лическая, порфиро- вая	Массив- ная	На фоне стекла						+	Кварцевый порфир
3	Чер- ный	Стеклова- тая	Массив- ная	Стекло							Обсидиан (вулканиче- ское стекло)

По структуре и минеральному составу, пользуясь схемой 2, определите название породы. В таблице 11 прочтите характеристику породы. Правильность определения проверьте у преподавателя.

Определение магматических пород

I. Структура полнокристаллическая

Без полевых шпатов и кварца	С полевыми шпатами без кварца	С полевыми шпатами и кварцем
1. Дунит	5. Габбро	13. Кварцевый диорит
2. Пироксенит	6. Лабрадорит	14. Гранит
3. Перидотит	7. Диабаз	15. Пегматит
4. Горнблендит	8. Базальт	16. Аплит
	9. Диорит	
	10. Сиенит	
	11. Миаскит	

II. Структура неполнокристаллическая

Вкрапленники: полевой шпат, пироксен, роговая обманка, биотит	Вкрапленники: преимущественно кварц
17. Порфирит	21. Кварцевый порфир
18. Андезит	22. Липарит (риолит)
19. Трахит	
20. Фонолит	

III. Структура стекловатая

- 8. Базальт (базальтовая лава)
- 23. Обсидиан (вулканическое стекло)
- 24. Пемза (плавает в воде)

Таблица 11

Краткая характеристика магматических горных пород (г.п.)

№	Порода	Цвет	Структура текстура	Породооб- разующие минералы	Химическая принадлеж- ность г.п.	Формы залегания	Полезные ископаемые (П.И.), связанные с породой
I. ПОЛНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ							
1	ДУНИТ	Темно- зеленый, черный	Мелко зернистая; массивная	Оливин	Ультраос- новная	Лополиты, глубинные зоны лак- колитов	Хромит, платина
2	ПИРО- КСЕНИТ	Темно- зеленый, черный	Средне- и крупно- зернистая; массивная	Пироксен	Основная	Штоки, жилы	Титано- магнетит
3	ПЕРИ- ДОТИТ	Темно- зеленый, черный	Мелко- средне-, крупнозерни- стая; массивная	Оливин Пироксен	Ультраос- новная	Штоки	Хромит, осмистый иридий, магнетит
4	ГОРН- БЛЕН- ДИТ	Темно- зеленый, черный	Крупно- и гигантозер- нистая; массивная	Роговая обманка	Основная	В ассо- циации с пирок- сенитом	Титано- магнетит
5	ГАББРО	Темно- серый, зелено- вато - черный, пестрый	Мелко- средне-, крупнозе- рнистая; пятнистая, полосчатая, массивная	Плаггиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин	Основная	Лополи- ты, лакколи- ты штоки, дайки	Ильменит, магматит, хромит, меднонике- левые сульфиды
6	ЛАБ- РАДО- РИТ	Черный, темно- серый с синим отливом	Средне- и крупнозер- нистая; массивная	Лабрадор	Основная, разновид- ность габбро	Пласты, линзы, шлиры	Ильменит, магнетит
7	ДИАБАЗ	Темно- зеле- ный, бурово- то- чер- ный	Мелко-, сред- не- зернистая; массивная, миндалека- менная	Плаггиоклаз, пироксен, оливин	Основная	Дайки, силлы, покровы, интру- зивные залежи	Медно- колчедан- ные руды
8	БА- ЗАЛЬТ	Темно- серый, черный	Мелкозерни- стая, стекловатая, скрытокри- сталличе- ская; массивная, пористая миндале каменная	Плаггиоклаз, пироксен		Потоки, покровы	Магнетит, ильменит, медно- колчедан- ные руды
9	ДИО- РИТ	Светло- се	Средне- зернистая,	Плаггиоклаз, роговая об-	Средняя г.п.	Штоки, краевые	Магнетит, медные

		рый, темно-серый	массивная	манка, биотит		части гранитных интрузий	руды, золото
10	СИЕ-НИТ	Светло-серый, розово-серый	Средне-зернистая, массивная	Микро-клин, пироксен, роговая обманка, биотит	Средняя, щелочная г.п.		
11	ХИБИ-НИТ	Серый, зелено-вато-серый с розовыми пятнами	Средне-зернистая; массивная, пятнистая	Эгирин (пироксен). полевой шпат, нефелин, эвдиалит	Средняя, щелочная г.п.	Лакколиты	Фосфорные, алюминий содержащие и редкие минералы
12	М И А - СКИТ	Светло-и темно-серый	Средне-зернистая; массивная, пятнистая	Микро-клин, нефелин, биотит	Средняя, щелочная		Руды редких элементов — Nb, Ta и др.
13	КВАРЦЕВЫЙ ДИОРИТ	Темно-серый, серый	Средне- и мелкозернистая; массивная, пятнистая	Плагноклаз, роговая обманка, биотит, кварц	Средняя	Мелкие интрузивные тела	Золото, полиметаллы
14	ГРАНИТ	Светло-серый, розовый, мясочный, светло-зеленый	Крупно-, средне- и мелкозернистая, порфировидная; массивная	Полевые шпаты, слюды. кварц	Кислая	Батолиты, лакколиты, штоки	Золото, редкие металлы, радиоактивные элементы
15	ПЕГМАТИТ	Белый, серый, розовый, красноватый, зеленый	Гигантозернистая, графическая, (проращение кварцем полевого шпата); массивная. пятнистая	Полевые шпаты, слюды. кварц	Кислая	Жилы	Редкие, рассеянные, радиоактивные элементы. драгоценные минералы
16	АПЛИТ	Белый, серый, красноватый	Мелкозернистая; массивная	Полевые шпаты, кварц	Кислая		
II. НЕПОЛНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ							
17	ПОРФИРИТ	Серый, темно-серый, буроватый	Порфировая; массивная	Вкрапленники: мутные кристаллы полевого шпата, иногда пироксен,	Средняя	Потоки, покровы, дайки	Медно-колчеданные руды

				роговая обманка, биотит. Основная масса плотная			
18	АНДЕЗИТ	Серый, темно-серый. черный	Порфировая; массивная	Вкрапления те же, что у порфирита, а основная масса пористая	средняя	Купола, нежки	Медно-колчеданные руды
19	ТРАХИТ	Белый, желтоватый. серый	Порфировая; массивная, флюидапная	Вкрапления: прозрачные полевые шпаты, биотит, роговая обманка, основная масса пористая	Средняя, щелочная	Потоки, покровы	Является кислотоупорным материалом
20	ФОНОЛИТ	Буровато-красный, серый	Порфировая; массивная. пористая	Вкрапления: нефелин, пироксен			
21	КВАРЦЕВЫЙ ПОРФИР	Белый, серый, зеленоватый, черный, красный	Порфировая; массивная, флюидапная, полосчатая	Во вкраплениях преимущественно кварц	Кислая	Потоки, покровы, дайки, лакколиты	Золото
22	ЛИПАРИТ (риолит)	Белый, серый, желтоватый, белый, светло-красный	Порфировая; массивная, флюидапная, полосчатая	Во вкраплениях кварц, полевой шпат, незначительное количество биотита		Купола, лаккалиты, пластовые залежи	Медные руды
III. СТЕКЛОВАТЫЕ							
23	ОБСИДИАН	Серый, коричневый, черный	Стекловатая с раковистым изломом; массивная, флюидапная	Вулканическое стекло	Кислая, средняя, основная*	Штоки, обелиски. купола	Поделочный камень, абразивный материал
24	ПЕМЗА	Белый, желтый. красноватый	Стекловатая; пузырчатая, пористая	Стекло	Средняя или кислая	Поверхности лавовых потоков	Абразивный материал

*Кислотность обсидиана и пемзы можно установить только при помощи химического анализа.

5.6. Осадочные горные породы

Осадочные горные породы образуются на поверхности Земли на континентах и на дне морей и океанов. Источником материала для их образования служат продукты физического и химического гипергенеза (выветривания) горных пород магматического, метаморфического и осадочного генезиса, а также минеральные и органические остатки вымерших растений и животных. Продуктами физического выветривания являются разной величины и формы обломки горных пород, оставшиеся на месте образования или перенесенные водными потоками, ледниками, ветром на значительные расстояния. Растворенные вещества, переносимые также на различные расстояния в условиях, где концентрация их становится избыточной, выпадают в осадок.

В зависимости от исходного материала и способа образования осадков выделяют следующие генетические группы осадочных пород:

- 1) обломочные породы, возникающие в результате механического разрушения каких-либо пород и накопления образовавшихся обломков;
- 2) глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород и накопления возникших при этом глинистых минералов;
- 3) хемогенные, биогенные и биохемогенные породы, образовавшиеся в результате химических и биологических процессов.
- 4) пирокластические (вулканогенно-осадочные г.п.): породы, состоящие из твердых продуктов вулканических извержений, сцементированных осадочным веществом.

Вещественный состав осадочных горных пород разнообразен: от очень простого, например каменная соль, боксит до очень сложного – полимиктовый песчанник или конгломерат, состоящий из обломков разных минералов и даже горных пород. При описании осадочных горных пород так же, как и магматических, следует обращать внимание на их минеральный состав, текстуру и структуру. В обломочных породах могут присутствовать обломки любых минералов и горных пород. Важнейшим признаком для осадочных пород является их слоистая текстура, связанная с условиями накопления осадков и наличие органических остатков, включая следы бактериальной деятельности. В морях на удалении от берега, в условиях относительно спокойного режима движения воды образуется параллельная, первично горизонтальная слоистость, в прибрежно-морских условиях – диагональная, в потоках морских и речных – косая. Важным текстурным признаком осадочных пород является пористость. Структура осадочных пород отражает их происхождение – обломочные породы состоят из обломков более древних пород и минералов, глинистые сложены мельчайшими зернами преимущественно глинистых минералов; биохемогенные обладают либо кристаллической структурой (от ясно видимой до скрытокристаллической), либо аморфной, либо органогенной, состоящей из скелетных частей организмов или их обломков.

Обломочные породы. Характеризуются составом обломков. По величине обломков они делятся на: грубообломочные глыбы, валуны (более 200 мм); среднеобломочные щебень и галечник (от 200 до 10 мм) дресва и гравий (от 10 до 2 мм), песчаные породы (от 2 до 0,05 мм) и алевритово-глинистые (от 0,05 до 0,005 мм). Также обломочные породы подразделяются по степени окатанности обломков и наличию цемента.

Таблица 12

Характеристика обломочных горных пород по размерам

Порода	Не сцементированная	сцементированная
от 200 до 10 мм	щебень (не окатанные обломки)	брекчия
от 200 до 10 мм	галька (окатанные обломки)	конгломерат
от 10 до 2 мм	дресва	дресвянник
от 10 до 2 мм	гравий	гравелит
от 2 до 0,05 мм	песок	песчаник
от 0,05 до 0,005 мм	лёсс, глина	алевролит, аргиллит

Химические и органогенные породы образуются преимущественно в водных бассейнах. Классификация хемотропных и органогенных горных пород производится по химическому составу составляющих их минералов.

Карбонатные породы: известняки - главный породообразующий минерал кальцит, и доломиты. Карбонаты бывают биогенного и биохемотропного происхождения. Одной из распространенных пород смешанного состава является мергель - порода, состоящая из кальцита и на 25-75% из глинистых частиц.

Кремнистые породы состоят главным образом из опала и халцедона. Они могут иметь биогенное (диатомиты, радиоляриты), химическое и смешанное происхождение (трепел, опока). Химическое и биохемотропное происхождение имеют гейзериты и кремнистые туфы (образуются на поверхности из вод гейзеров и горячих минеральных источников). Кремни, состоящие из халцедона, опала и глинистых частиц, встречаются в осадочных породах в виде обособлений и имеют биохемотропное (бактериальное) происхождение.

Галоидные и сульфатные породы относятся к химическим образованиям, выпадающим в осадок из растворов при испарении морской воды в жарком и сухом климате. Классифицируются по минеральному составу: каменная соль - слоистые толщи полнокристаллических агрегатов галита с чередованием близких по генезису пород (калийных солей, гипса и др.). Гипс, встречается в виде полнокристаллических, обычно мелкозернистых светлоокрашенных агрегатов.

Каустобиолиты (греч. «каустоо» - горячий, «БИОС» - жизнь) образуются из преобразованных растительных и животных остатков, обладают горючими свойствами. К ним относятся торф, ископаемые угли, горючие сланцы, нефть и газы.

Образование осадков, из которых возникают осадочные горные породы, происходит на поверхности земли, в её приповерхностной части и в водных бассейнах. Процесс формирования осадочной горной породы называется **литогенезом** и состоит из нескольких стадий:

- образование осадочного материала;
- перенос осадочного материала;
- седиментогенез – накопление осадка;
- диагенез – преобразование осадка в осадочную горную породу;
- катагенез – стадия изменения осадочной породы (от греч. kata – приставка, означающая движение вниз, усиление). Главными факторами считаются температура, достигающая на глубине 8-12 км, на границе с зоной метаморфизма, 300-350°C; давление, которое на этих глубинах доходит до 1800-2900 ат, и поровые воды (растворы), взаимодействующие с пропитанными ими породами.
- метагенез – стадия глубокого преобразования осадочной породы в глубинных зонах земной коры.

Осадочные породы, как и магматические, характеризуются определенной структурой и текстурой. Структура может быть (табл. 13):

1. грубообломочная;
2. среднеобломочная;
3. мелкообломочная;
4. псефитовая;
5. равнозернистая;
6. разномзернистая;
7. кристаллически-зернистая;
8. оолитовая (округлые стяжения до 1-2 мм величиной);
9. детритусовая (обломки раковин, скелетов организмов);
10. пористая (с мелкими пустотами);
11. брекчиевидная (крепко спаянные между собой остроугольные обломки).

Общим признаком осадочных горных пород является их слоистая текстура, которую можно наблюдать в обнажениях. В образцах определение текстур затруднено. Тем не менее, выделяются текстуры:

- массивная (описана в разделе магматических пород);
- листоватая — порода разделена на тончайшие слои с разной крупностью зерен;
- полосчатая (описана в разделе магматических пород).

5.7. Определение осадочных пород

При определении осадочных пород необходимо на основании структуры и текстуры отнести ее к одной из указанных генетических групп: обломочной, глинистой, биогенной, хемогенной, пирокластической.

Название обломочных и глинистых пород определяется по таблице 13, руководствуясь размером, формой и сложением обломков (цифрой – номер породы в табл. 14).

Определение хемогенных и биогенных пород проводится по схеме 3 с применением соляной кислоты, точного определения структуры, твердости испытуемого образца.

Таблица 13

Классификация осадочных пород по размеру, форме и сложению обломков					
Структура	Размер обломков, мм	Форма обломков и их сложение			
		Рыхлые		Сцементированные	
		Угловатые	Окатанные	Угловатые	Окатанные
Грубообломочная (псефитовая - от греч. псефитос – «камешек»)	Более 100 10-100 1-10	Глыбы Щебень Дресва (1)	Валун Галька Гравий (2)	Брекчия (3)	Конгломерат Гравелит (4)
Среднеобломочная (псамитовая – от греч. псамитос – «песок»)	0,1-1	Песок (5)		Песчаник (6)	
Мелкообломочная (алевритовая -от греч. алеврон – «мука»)	0,01-0,1	Алеврит Лесс (7)		Алевролит (8)	
Пелитовая (от греч. пэлес – «глина»)	0,01	Глина (9)		Аргиллит (10)	

Определив название породы, прочитайте ее характеристику в таблице 14. Проверьте правильность определения у преподавателя.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ И ХЕМОГЕННЫХ ПОРОД

I. Реагируют с HCl

- | | |
|--|----------------------------------|
| а) с видимыми остатками и отпечатками
организмов. | в) без органических остатков. |
| Структура: детритусовая | Структура: скрытокристаллическая |
| 11. Известняк | 11. Известняк |
| | 13. Доломит |
| | 14. Мергель |
| | Структура: оолитовая |
| б) с микроскопическими остатками раковин | 11. Известняк |
| Структура: пористая | Структура: пористая |
| 12. Мел | 15. Известковый туф |

II. Не реагирует с HCl

- | | |
|--|---|
| а) ноготь оставляет царапину на породе | б) ноготь не оставляет царапину на породе |
| Структура: кристаллически-зернистая | Структура: тонкозернистая |
| 16. Каменная соль (галит) | 20. Трепел |
| 17. Сильвинит | Структура: плотная |
| 18. Гипс, ангидрит | 21. Опока |
| Структура: волокнистая | 22. Фосфорит |
| (с растительными остатками) | Структура: оолитовая |
| 19. Торф | 23. Бурый железняк |

Таблица 14.

Краткая характеристика осадочных горных пород

№ пп	Порода	Цвет	Структура текстура	Реакция с HCl	Состав	Условия образования	Применение, п. и., связан- ные с породой
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Глыбы Ще- бень Дресва	Разнооб- разный, в зави- симости от соста- ва раз- рушен- ных по- род	Грубооб- ломочная рыхлая (псефито- вая)	Реагируют обломки карбонат- ных по- род	Магматиче- ские, метаморфи- ческие, оса- дочные (остроуголь- ные обломки пород и ми- нералов)	Продукты физического выветривания, оставшиеся на месте обра- зования или перемещен- ные по скло- нам к их подножью	Строительство: устойчивые к разрушению минералы: зо- лото, платина, алмазы
2	Валуны Галька Гравий				Магматиче- ские, метаморфи- ческие, оса- дочные (окатанные обломки по- род и мине- ралов)	Продукты физического выветривания, перемещен- ные с места образования на значи- тельные рас- стояния или окатанные морским прибоем	
3	Брек- чия				Тот же и цемент: кар- бонатный, глинистый, железистый и др.	Сцементирован- ные на месте образо- вания остро- угольные об- ломки	
4	Конг- ломе- рат				Окатанные обломки и цемент раз- ного состава	Сцементирован- ные чаще всего в морских усло- виях прине- сенные об- ломки	
5	Песок	Разнооб- разный	Средне- и мелкозер- нистая (псамито- вая); рых- лая	Реагируют Карбонат- ные час- тицы	Кварц, поле- вые шпаты, слюды и др. Встречаются мономине- ральные пес- ки, чаще все- го кварцевые	Морские, озерные, речные, золо- вые	Строительство, филтрово- вые устано- вки, литейное де- ло, фарфоровая, фаянсовая пром. Россыпи золо- та. платины и других устой-

							чивых минералов
6	Песчаник	Разнообразный	Средне- и мелкозернистая (псаммитовая); слоистая. массивная	Реагирует, если карбонатный цемент	Кварц - мономинеральный, кварцевый песчаник. Кварц, полевые шпаты, слюды, обломки гранитов - аркозовый песчаник. Кварц, полевые шпаты, амфиболы, обломки эффузивных г.п. — граувакки	Морские	Строительство. Из кварцевых песчаников изготовление кремнистого огнеупорного кирпича — динаса. П. и. те же, что и в песках
7	Лесс	Светло-желтый	Мелкообломочная (алевритовая); рыхлая, отсутствует слоистость	Бурно реагирует	Кварц, кальцит, глинистые минералы, полевые шпаты. гипс	Эоловый — по окраинам пустынь, водно-ледниковый — в перигляциальной зоне, почвенно-элювиальный	Лесс очень плодороден благодаря пористости и разнообразному минеральному составу. Используется для изготовления кирпича
8	Алеврит	Светло-желтый, серый, бурый, зеленоватый	Мелкообломочная тонкослоистая; шероховатый на ощупь	Реагирует	Тот же что и у лесса (7)	Морские, озерные, дельты рек	Строительство, уголь
9	Глина	Разнообразный	Пелитовая, землистая. Во влажном состоянии пластична	Не реагирует	Каолин. Монтмориллонит Кварц, мусковит	1. Химическое выветривание силикатных пород — остаточные (элювиальные, первичные). 2. Переотложение в водных бассейнах — осадочные (вторичные)	Каолиновые глины: огнеупорная, фарфоровая, писчебумажная промышленность. Монтмориллоновые: очистка нефти, масел, шерсти, сиропов, вина. Получают минеральные краски, в том числе охра.
10	Аргиллит	Светло-желтый, серый, бурый	Пелитовая; сланцеватая	Не реагирует	Уплотненная глина. Рассланцованные разно-	В водной среде под давлением выше	Изготовление черепицы (кровельные сланцы); топливо

					видности называются глинистыми сланцами	лежащих слоев г.п.	(горючие сланцы - глинистые сланцы с содержанием битума до 50% и более)
11	Известняк (коралловые, фузулиновые, нумулитовые, криноидные, брахиоподовые, известняк-ракушечник)	Белый, серый, черный, бурый и др.	Биогенные известняки: детритусовая брекчиевидная, плотная с остатками и отпечатками раковин. Хемогенные: скрытокристаллическая, плотная, оолитовая. Текстура: слоистая, массивная, пористая	Реагирует	Кальцит. Примеси: глина, песок, битумы	Морские. Скопление известковых раковин и скелетов различных организмов; химический осадок	Изготовление извести, цемента, углекислоты, асфальта (битуминозные), металлургии (флюс), в строительстве
12	Мел	Белый, серый, желтый	Землистая; пористая	Реагирует	Кальцит, содержащий раковины фораминифер или скелеты микроскопических водорослей	Морские, глубоководные	Производство цемента, в малярном деле, резиновой и бумажной промышленности
13	Доломит	Серый, белый, красноватый	Скрытокристаллическая; плотная, массивная	Реагирует в порошке с подогретой	Доломит с примесью кальцита	Химический осадок на дне морей и замкнутых водоемов	Химическое сырье, огнеупор, строительный материал, флюс
14	Мергель	Пестрый бурый, желтый, зеленоватый	Плотная; массивная	Реагирует с образованием грязного пятна	Кальцит, доломит, песок (с переменным их соотношением)	Морские, озерные, болотные	Производство цемента
15	Известковый туф	Белый, серый, розовый	Пористая, землистая	Реагирует	Кальцит	Отложение холодных и горячих водных источников (травертин)	Известкование почв, облицовочный материал
16	Каменная соль (галит)	Белый, серый, желтоватый,	Кристаллически - зернистая; пятнистая,	Не	Галит	Химический осадок замкнутых водоемов в	Пищевая, химическая промышленность

		Красноватый, синий	массивная	реагирует		засушливом климате	
17	Сильвинит	Белый, красноватый, голубой	Кристаллически-зернистая; пятнистая, массивная		Сильвии, галит, глина, ангидрит	Химический осадок замкнутых водоемов в засушливом климате	Химическая промышленность, калийное удобрение
18	Гипс и ангидрит	Бесцветный, белый, желтоватый, розоватый	Кристаллически-зернистая, плотная; массивная, слоистая		Одноименные минералы		Строительство, медицина, вяление
19	Торф	Бурый, черный	Волокнистая, землистая, рыхлая		Остатки высших растений	В болотах и озерах умеренного и холодного климата	Топливо, химическая промышленность
20	Трепел	Бурый, светло-серый, желтовато-серый	Тонкозернистая; пористая	Не реагирует, поглощает воду	Остатки опаловых панцирей диатомовых водорослей, радиолярий, губок	Морские и пресноводные осадки	Тепло- и звукоизоляционный материал, абразив, изготовление лучших сортов цемента, адсорбент
21	Опока	Светло-серый, зеленовато-черный		Не реагирует	Трепел, сцементированный кремнистым веществом		
22	Фосфорит	Серый, черный, бурый	Радиально лучистые конкреции, плотные массы		Апатит, глина, песок	Химический осадок дна морей при участии организмов	Руда на фосфор, фосфорное удобрение
23	Лимонит	Бурый, черный, охристо-желтый	Плотная; массивная, пористая		Гидроксиды железа	Химический осадок лагун, заливов, болот. Продукт окисления железосодержащих минералов суши	Руда на железо
24	Боксит	Бурый, желтый, вишнево-красный, коричневый, белый	Оолитовая плотная; землистая	Не реагирует	Гидроксиды алюминия и железа, каолин	Химический осадок морей и коралловых выветривания континентов	Руда на алюминий

5.8. *Метаморфические горные породы*

Метаморфические горные породы - результат преобразования пород разного происхождения, приводящего к изменению первичной структуры, текстуры и минерального состава в соответствии с новой физико-химической обстановкой. Главными факторами метаморфизма являются эндогенное тепло, всестороннее давление, химическое воздействие газов и растворов. Метаморфические породы обладают плотными, ориентированными текстурами и полнокристаллической структурой. Размеры кристаллических зерен, как правило, увеличиваются по мере роста температур метаморфизма.

Внешне ориентированные текстуры напоминают слоистость осадочных пород, но их происхождение связано не с процессом накопления осадков, а с перекристаллизацией и переориентировкой минеральных зерен в условиях направленного давления. Если метаморфическая порода мономинеральна и слагающий ее минерал имеет более или менее изометричные формы (кварц, кальцит), то в этом случае порода имеет неупорядоченную массивную текстуру. Поскольку сходные по составу, структурам и текстурам метаморфические породы могут образоваться за счет изменения как магматических, так и осадочных пород, к названиям метаморфических пород, возникших по магматическим породам, прибавляется приставка "орто" (например, ортогнейсы), а к названиям метаморфических первично-осадочных пород - приставка "пара" (например, парагнейсы).

Подразделяется на **региональный метаморфизм** - процессы развиты на огромных площадях в десятки и даже сотни тысяч квадратных километров, **локальный метаморфизм** - на очень небольших площадях, а также **контактовый метасоматоз**.

Региональный метаморфизм происходит при высоких температурах (от 300 до 900-1000° С) и давлении (от 3-5 до 27-60 кбар). При метаморфизме простых по химическому составу пород изменяются структуры и текстуры, а минеральный состав почти не меняется. Так, кварцевые песчаники и другие богатые кремнеземом породы при метаморфизме превращаются в кварциты, состоящие почти полностью из кварца, имеют полнокристаллическую, обычно мелкозернистую структуру. Текстура, как правило, массивная. Цвет кварцитов различен.

Карбонатные породы (известняки, доломиты и др.) превращаются в мраморы, полнокристаллические мономинеральные, с массивной текстурой. Разнообразная окраска мраморов связана с неоднородностями исходных пород. При метаморфизме карбонатных железисто-магнезиальных осадочных пород, а также основных и, отчасти, средних магматических пород образуются амфиболиты (соответственно пара- и орто-), состоящие главным образом из роговой обманки и среднего плагиоклаза и обладающие полнокристаллической структурой и сланцеватой текстурой.

Глинистые породы при метаморфизме низких ступеней превращаются в сланцы: черные углистые или глинистые сланцы, затем в филлиты, в них уже появляется сланцеватая текстура и мельчайшие кристаллики слюд, придающие породам шелковистый блеск. Более глубоко метаморфизованные породы того же глинистого ряда - это зеленые сланцы, содержащие серицит- и хлорит. В них первичные глинистые минералы уже полностью перекристаллизованы и зерна новообразованных минералов вполне различимы глазом, структура полнокристаллическая. Текстура сланцеватая. Ещё более высокие температуры и давление приводят к появлению слюдястых кристаллических сланцев (состоящих из кварца, слюды и небольшого количества полевых шпатов). Для них характерны средне- и крупнозернистая структура, и сланцеватая текстура. По преобладанию той или иной слюды различают мусковитовые, биотитовые и двуслюдяные сланцы. Если главный минерал роговая обманка - роговообманковые. При дальнейшем нарастании температур слюдяные сланцы переходят в парагнейсы (состоящие преимущественно из кварца, полевых шпатов и слюд; меньшая роль принадлежит амфиболам и пироксенам). Породы характеризуются полнокристаллической средне- и крупнозернистой структурой и гнейсовой (полосчатой) текстурой.

Наращение метаморфизма по магматическим породам. Ультраосновные породы преобразуются в тальковые сланцы, а затем в серпентиниты. Структура скрытокристаллическая, текстура массивная. Основные породы переходят в хлорит-содержащие сланцы, с присутствующими в больших количествах тальком, эпидотом, актинолитом. Кислые и средние породы на ранних стадиях метаморфизма переходят в слюдяные ортосланцы, а затем и в ортогнейсы. При более глубоком метаморфизме - в ортоамфиболиты. При сочетании **очень** высоких температур и давлений, многие из перечисленных пород переходят в гранулиты - кварц-полевошпатовые породы, содержащие значительные количества гранатов (преимущественно пиропы); структура полнокристаллическая мелко- и тонкозернистая, текстура гнейсовидная. При предельно высоком давлении образуются эклогиты, массивные породы с плотностью 3,35- 4,2 г/см³, состоящие преимущественно из двух минералов - граната и пироксена.

Локальный или контактовый метаморфизм. Проявляется вблизи интрузивных массивов, кристаллизовавшихся на малых и средних глубинах (до 10-12 км). Давление при контактовом метаморфизме изменяется в пределах 0-3 кбар, температура 300-1200°C. В результате воздействия кислых алюмосиликатных расплавов на близкие по составу, силикатные или алюмосиликатные осадочные породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты, кремнистые сланцы) образуются контактовые роговики. Основным фактором метаморфизма при этом является тепловое воздействие расплава, приводящее к появлению зоны закалки. В меньшей степени влияют давление и привнос некоторых летучих компонентов. Роговики обладают микрокристаллической структурой, чаще всего серой или черной окраской, массивной текстурой. Определенный микроскопически минеральный состав зависит от исходного состава первичных пород. Наиболее обычны кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены. Роговики часто бывают рудоносны.

Контактовый метасоматоз (греч. «метасоматоз» означает замещение). Подразумевает всякое замещение горных пород с изменением химического состава, при котором растворение старых минералов и отложение новых происходило почти одновременно. По химическому составу внедряющейся магмы и вмещающих пород подразделяют: скарны, грейзены, щелочной метасоматоз.

Скарны образуются при внедрении гранитной интрузии в толщу карбонатных пород. В реакции обязательно участвуют жидкие или газообразные фазы, которые привносят одни и уносят другие компоненты, в результате чего образуется комплекс новых минералов, характерных исключительно для зоны контакта этих пород. Различают магнезиальные скарны, развитые по доломиту, и известковые - по известнякам. Для магнезиальных скарнов характерны минералы: форстерит, диопсид, кальцит, флогопит, магнетит, реже - актинолит, (тремолит), кварц, плагиоклазы, шпинель. Для известковых скарнов - гроссуляр - андрадит, эпидот, магнетит, реже плагиоклазы, тремолит, шеелит, молибденит, кобальтин, флюорит, галенит, пирит, халькопирит, сфалерит.

Грейзены - метасоматическая порода, образовавшаяся на контакте кислых пород: гранитов, эффузивных аналогов и некоторых осадочно-метаморфических пород, богатых кремнеземом и глиноземом. Возникают в куполовидных выступах гранитных интрузий, вдоль рудных тел. По минеральному составу грейзены - существенно кварц-мусковитовая порода. Газовые и водные растворы, вызывающие грейзенизацию, содержат большое количество летучих компонентов F⁻, Cl⁻, OH⁻, в соединении с которыми происходит транспортировка редких металлов. Главные минералы: кварц, мусковит, топаз, флюорит, второстепенные: касситерит, турмалин, вольфрамит, берилл, шеелит, молибденит, халькопирит.

Щелочной метасоматоз - щелочи доминируют в балансе мигрирующих элементов. Различают *калиевый*, для которого характерно образование калиевого полевого шпата (обычно как замещение микроклина плагиоклазом) и слюд (чаще всего биотита), развивающихся по цветным минералам; *натровый*, выражающийся в альбитизации по-

левых шпатов, нефелинизации, эгиринизации и щелочной амфиболизации цветных минералов.

Пегматитовые и жильные породы. В расплавах-растворах накапливаются пары воды, частью диссоциированные на H, OH, а также HF, HCl, H₂S и летучие соединения B, P, S, C. Откуда в недрах Земли берутся горячие водные растворы? Это - 1) магматическая вода, отделяющаяся из расплавов в процессе их застывания; 2) метаморфическая вода, высвобождающаяся из водосодержащих минералов при их перекристаллизации в глубоких зонах земной коры; 3) вода, захороненная в порах морских осадочных пород; 4) метеорная вода, проникающая по водопроницаемым пластам в глубины Земли. Эта масса заполняет трещины в породах, куда внедряется магма, и формируют специфические пегматитовые тела и дайки, а также кварцевые и карбонатные жилы. Они занимают ничтожный объем в земной коре по сравнению с магматическими, осадочными и метаморфическими породами. С этим типом горных пород связаны месторождения Sn, K, Li, Rb, Cs, Ta, Nb, Au, U, He, Ag и драгоценных камней.

Пегматиты – это **гигантокристаллические** породы гранитного (полевые шпаты, кварц, слюды) состава или сиенитового (полевые шпаты, роговая обманка, нефелин, биотит, почти не содержит кварц).

Жильные породы (или гидротермальные). Наиболее распространены мономинеральные кварцевые, карбонатные и флюоритовые жилы. Гидротермы формируются в интервале от >10 км и до поверхности Земли. Если газы из расплавов-растворов по трещинам выходят на дневную поверхность, то их называют придонными высачиваниями (в водной среде), и гейзерами, фумаролами (на суше). В зонах тектонической активности на дне океанов известны «Черные, белые и прочие курильщики». Гидротермальные растворы здесь далеко разносят рудное вещество, оседающее на океанское дно, образуя металлоносные осадки. С современными и древними придонными высачиваниями связаны полиметаллические сульфидные месторождения, где сопутствующими могут быть U и Au.

5.9. Состав, структуры и текстуры метаморфических пород

Химический состав метаморфических пород зависит от состава исходных пород, а в случае метасоматоза — от состава привнесенных веществ. Минеральный состав метаморфических пород также разнообразен. Они могут состоять из одного минерала (например, мрамор состоит из кальцита) или из многих силикатов (например, гранат-эпидотово-пироксеновый скарн). На основании парагенетических ассоциаций минералов, достигших равновесия при определенных температурах и давлениях, выделяют несколько метаморфических фаций (от лат. фациус – «лицо, облик»):

1. фация зеленых сланцев;
2. эпидот-амфиболитовая фация;
3. амфиболитовая фация;
4. гранулитовая фация и др.

В метаморфических породах встречаются в основном те же минералы, что и в магматических, а также один из минералов осадочных пород – кальцит. Кроме того, в метаморфических породах распространены минералы, образующиеся при метаморфизме, т.е. характерные только для метаморфических пород: серицит, хлорит, тальк, серпентин, гранат, графит.

Структуры метаморфических пород — кристаллические, причем особенно характерны:

1. листоватая;
2. чешуйчатая;
3. игольчатая;
4. таблитчатая;

5. зернисто-кристаллическая;
6. скрытокристаллическая.

В некоторых породах имеются реликтовые структуры, оставшиеся от первичных пород. По крупности зерен различают: крупно- (более 1 мм), средне- (0,25-1 мм) и мелкокристаллические (менее 0,25 мм) структуры.

Таблица 15

Текстуры метаморфических горных пород

№ пп	Текстура	Характерные признаки
1	Сланцеватая	Параллельное расположение минералов, имеющих пластинчатую или удлиненную форму
2	Полосчатая	Чередование полос различной толщины, различного минерального состава или цвета
3	Плющчатая	Полосы минералов смяты в мелкие складки
4	Волокнистая	Волокнистые или игольчатые минералы вытянуты параллельно друг другу
5	Гнейсовая	Параллельное расположение таблитчатых минералов при малом содержании чешуйчатых частиц
6	Очковая	Рассеянные в породе крупные овальные зерна на фоне рассланцованной или плющатой массы
7	Пятнистая	Минералы разного цвета неравномерно распределены в породе, образуя пятна
8	Массивная	Однородная, плотная, беспорядочная масса минеральных зерен

5.10. Определение метаморфических пород

Определите последовательно цвет, структуру, текстуру и минеральный состав породы. По важнейшему диагностическому признаку метаморфических пород – текстуре, пользуясь схемой 4, определите название породы. Прочитайте описание породы в таблице 16. Правильность определения проверьте у преподавателя.

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

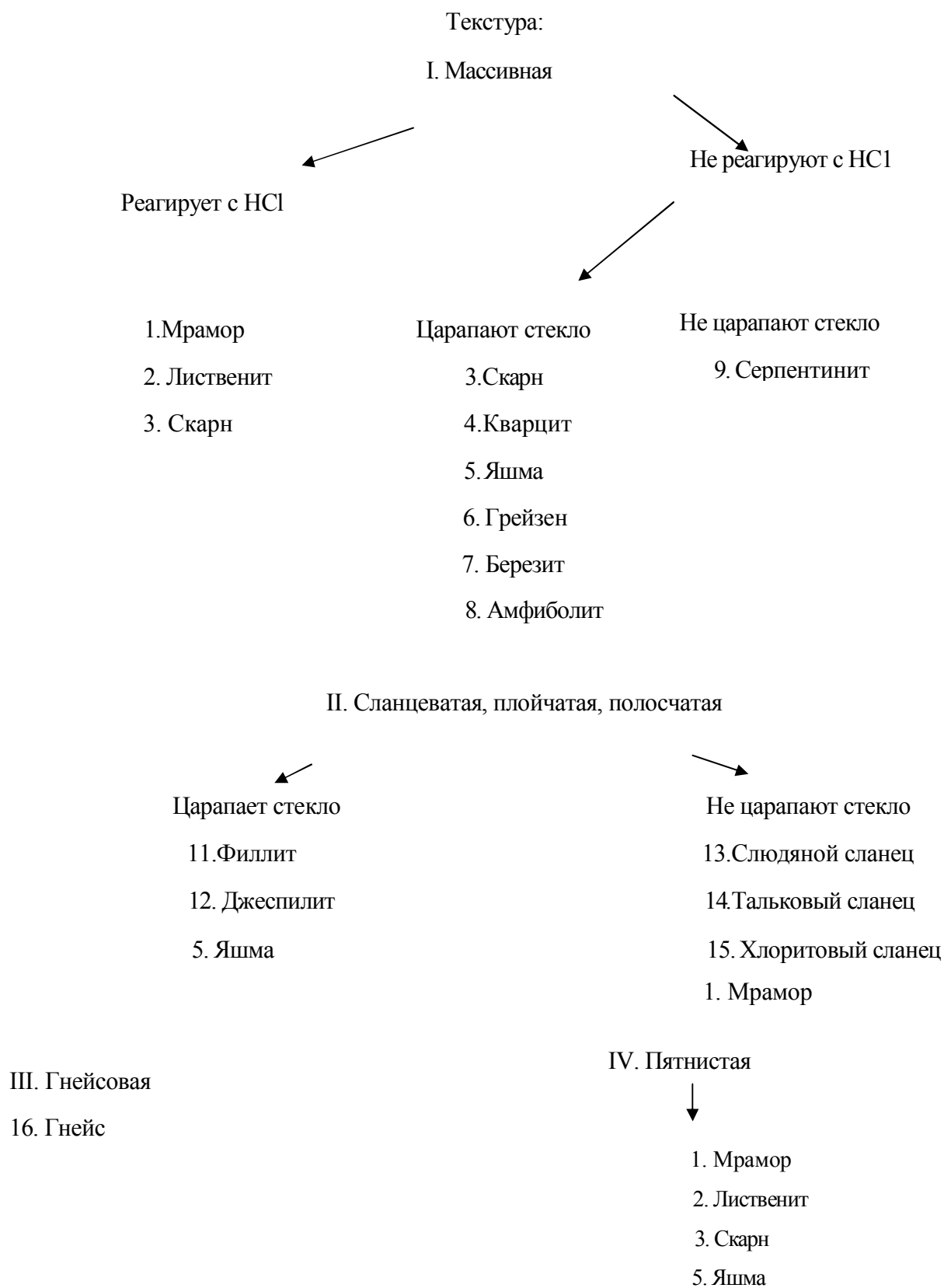


Таблица 16.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД

№ пп	Порода	Цвет	Структура текстура	Реакция с HCl	Минеральный состав	Исходная порода	Тип метаморфизма	Примечание, п. и., связанные с породой
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Мрамор	Белый, серый, розовый, красный, полосчатый, пестрый	Крупно-, средне- и мелкозернистая; массивная, полосчатая, пятнистая	Реагирует	Кальцит, иногда с примесью доломита, графита	Известняк, доломит	Контактовый, термальный	Художественно-скульптурное, облицовочный камень, флюс
2	Листвинит	Светло- и ярко-зеленый	Средне- и мелкозернистая; массивная, пятнистая		Доломит, магнетит, фуксит, хлорит, кварц	Основные магматические породы, серпентинит	Контактовый метасоматоз	Поделочный камень. Поисковый признак на золото
3	Скарн	Темно-серый, зеленоватый, красноватый	Крупнозернистая; массивная, пятнистая	Реагирует местами	Пироксен, амфибол, гранат, эпидот, магнезит, кальцит	Карбонатные породы	Контактовый. Биметасоматоз	Руды железа, свинца, цинка, меди, молибдена, вольфрама, золота
4	Кварцит	Белый, серый, розовый, красный, сиреневый	Мелкозернистая; массивная	Не реагирует	Кварц, иногда мусковит	Кварцевый песчаник	Динамотермальный	Производство динаса, облицовочный
5	Яшма	Красный, коричневый, зеленый, пестрый	Скрытокристаллическая; массивная, полосчатая, пятнистая		Кварц, халцедон, оксиды железа	Кремнистые, осадочные и вулканогенно-осадочные породы	Контактово-метасоматический, регионально-метасоматический	Поделочный, ювелирный, технический камень, абразив
6	Грейзен	Белый, светло-серый	Мелкозернистая; массивная	Не реагирует	Кварц, мусковит, турмалин, берилл, топаз, молибденит и	Гранит	Контактово-метасоматический	Источник руд на редкие металлы (вольфрам,

					др.			берил- лий, ли- тий и др.)
7	Березит	Белый, светло- желтый, серый	Средне- зернистая, порфи- ровая; массивная	Не реа- гирует	Кварц, серицит*, пирит	Гранит - порфир	Контак- тово- метасо- матиче- ский	Золото
8	Амфи- болит	Черный, темно- серый, темно- зеленый	Средне- и мелко- зернистая; массивная		Роговая обманка, плагиок- лаз	Диорит, габбро, базальт, мергель	Регио- наль- ный. Контак- товый	Строи- тельство
9	Серпен- тинит (змее- вик)	Оливково - зеленый, темно- зеленый, черный	Скрыто- кристал- лическая; массив- ная, пятнистая		Серпен- тин оливин, пирок- сен, магне- тит, хромит	Дунит, перидотит	Автоме- тамор- физм	Обли- цовоч- ный матери- ал; асбест, хромит, платина
10	Ан- трацит	Черный	Плотная; массивная		С - 95 % , Н-2,5% , О ₂ -2,5%	Камен- ный уголь	Термаль- ный	Энерге- тика
11	Филлит	Серый, зеленова- тый, чер- ный	Плотнок- ристалли- ческая; тонкос- ланцева- тая	Не реа- гирует	Серицит, кварц	Глини- стый сла- нец	Регио- нальный	Кровель- ный материал
12	Джес- пилит (желе- зистый кварцит)	Чередова- ние полос красного и черного цвета	Мелко- кристал- лическая; полосча- тая		Кварц, гематит, магнетит	Кварце- вый песчаник с гематитом		Руда на железо
13	Слю- дяной сланец (биоти- товый, муско- вито- вый, двуслю- дяной)	Зависит от состава; от светло- серого до черного	Яснокри- сталличес- кая, чешуй- чатая, листов- атая, сланцева- тая		Биотит, мусковит	Глини- стые породы, филлит	Регио- наль- ный, динамо- тер- мальный	В строи- тельстве исполь- зуют только толсто- слоистые разно- видности
14	Талько- вый сланец	Белый, светло- зеленый	Чешуй- чатая, сланцева- тая	Реаги- рует, если есть карбо- наты	Тальк, хлорит, магнезит	Серпен- тинит. Основные магмати- ческие горные породы	Метасо- матиче- ский	Огне- упорный матери- ал, бу- мажная, пищевая промыш- ленность ; медици- на

15	Хлоритовый сланец	Темно-зеленый	Чешуйчатая, сланцеватая, иногда массивная	Не реагирует	Хлорит, актинолит, эпидот, кварц, магнетит	Основные магматические породы, чаще всего эффузивные	Динамо-термальный	В связи с тем, что хлоритовые сланцы легко выветриваются, их редко используют в строительстве
16	Гнейс	Серый, темно-серый, светло-серый с полосчатым распределением окраски	Кристаллически зернистая, гнейсовая, сланцеватая		Полевой шпат, кварц, слюды	Песчаники (парagneйсы), кислые магматические породы (ортогнейсы)	Региональный. Динамо-термальный	Строительство

Вопросы на закрепление темы:

1. По каким признакам отличаются магматические, осадочные и метаморфические горные породы?
2. Дайте характеристику глубинным и инъекционным интрузивам.
3. Как отличается структура и текстура магматических, осадочных и метаморфических горных пород? С чем это связано?
4. Какие из определенных вами горных пород наиболее широко представлены на Урале? С чем это связано?

ЛИТЕРАТУРА

1. Батти Х., Принг А. Минералогия для студентов. Пер. с англ. М.: Мир, 2001.
2. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Гос. науч. тех. издат., 1961.
3. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрографии. М.: В. ш., 1986.
4. Булах А. Г. Общая минералогия. Учебник. Изд-во Санкт-Петербургского Ун-та. 1999.
5. Вигорова В.Г. Основы минералогии с элементами кристаллографии: учебное пособие для студентов негеологических специальностей. Екатеринбург. 2003. - 67с.
6. Годовиков А.А. Минералогия. М.Недра. 1983.- 647 с.
7. Добровольский В.В. Геология, минералогия, динамическая геология, петрография. М.: Гуманит, изд. центр Владос, 2001.
8. Донохью М.О. Путеводитель по минералам для начинающих. Л.: Недра, 1985.
9. Каденская М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии. М.: Просвещение, 1976.
10. Карлович И.А. Геология: Учебное пособие для вузов / И.А.Карлович.- М.: Академический проект, 2003.- 704 с.
11. Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. Геология: учебник для экологических специальностей вузов / Н.В. Короновский.- М.: Издательский центр Академия, 2003.- 448 с.
12. Кузин М.Ф., Егоров Н.И. Полевой определитель минералов. М.: Недра, 1974
13. Маликов А.И., Поленов Ю.А., Попов М.П. и др. Самоцветная полоса Урала: учебно-справочное пособие / А.И. Маликов, Ю.А. Поленов, М.П. Попов и др.; под ред. Маликова А.И.
14. Миловский А.В. Минералогия и петрография. М.: Недра, 1985.
15. Музафаров В.Г. Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. М.: Недра, 1979.
16. Немец Ф. Ключ к определению минералов и пород. М.: Недра, 1982.
17. Одеров С.И., Иванов П.А. Лабораторные методы исследования вещественного состава полезных ископаемых: Учеб.пособие. Моск.гос.геологоразв.акад. М.,1994.-117 с.
18. Павлинов В.Н. Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии. М.: Недра, 1988.
19. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. 128 с.
20. Штефан Л.В. Лекции по минералогии. Часть 1. Теоретические основы минералогии. М.: Недра, 2004.-128 с.
21. Штрюбель Н.Г., Циммер З.Х. Минералогический словарь. М.: Недра, 1987.

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.catalogmineralov.ru/article/319.html>
2. <http://www.treeland.ru>
3. [http:// geo.web.ru/images](http://geo.web.ru/images)
4. <http://forexaw.com/TERMs/Nature/>
5. <http://yandex.ru/images>

Основы минералогии, кристаллографии и петрографии

Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению Педагогическое образование, профиль «География», «Экология»

Подписано в печать 22.10.2014 г. Формат 60*84 1/16
Бумага для множительных аппаратов. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 6,5. Тираж 100 экз. Заказ №4214

Оригинал-макет отпечатан в отделе множительной техники
Уральского государственного педагогического университета
620217, просп. Космонавтов, 26
E-mail: USPU @ DIALUP.UTK.RU